

# Inhalt

<b>Vorwort von Dr. Karsten Wildberger</b> .....	<b>V</b>
<b>Vorwort von Burkhard Jung</b> .....	<b>VII</b>
<b>Vorwort der Herausgeber</b> .....	<b>IX</b>
<b>Herausgeber, Autoren und Autorinnen</b> .....	<b>XIX</b>
<b>I Grundlagen und strategische Planung</b>	
<b>1 Erste Schritte auf dem Weg zur smarten Kommune</b> .....	<b>3</b>
<i>Alexander Schlüter</i>	
<b>2 Vision einer nachhaltigen und digitalen Zukunft</b> .....	<b>7</b>
<i>Matthew Timms, Laura Antonia Färber</i>	
2.1 Der Klimawandel und die Konsequenzen .....	7
2.2 Digitalisierung, Städte und ländliche Regionen .....	10
2.3 Literaturverzeichnis .....	12
<b>3 Die smarte Kommune in Stadt und Land</b> .....	<b>15</b>
<i>Alexander Schlüter</i>	
<b>4 Strategische Planung des Transformationsprozesses</b> .....	<b>19</b>
<i>Diana Khripko, Nicky Athanassopoulou, Imoh Ilevbare, Rob Phaal</i>	
4.1 Hintergrundwissen zum strategischen Roadmapping .....	20
4.2 Scoping, Design und Planung .....	22
4.3 Strategisches Roadmapping .....	25
4.4 Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	32
4.5 Literaturverzeichnis .....	33

## II Erneuerbare Energiesysteme integrieren

<b>1</b>	<b>Erfolgsstory mit mehr Potenzial: die Erneuerbaren</b> .....	<b>37</b>
	<i>Jens Weibezahn, Alexandra Krumm, Pao-Yu Oei, Laura Färber</i>	
1.1	Einleitung .....	37
1.2	Techno-ökonomische Aspekte .....	39
1.2.1	Stromsektor .....	40
1.2.2	Wärmesektor .....	44
1.2.3	Mobilitätssektor .....	45
1.3	Sozio-ökonomische, regulatorische und politische Aspekte .....	46
1.4	Anwendungen erneuerbarer Energien .....	48
1.4.1	Großstädte: PV-Potenzial in Berlin und urbane Wärmewende in Hamburg und München .....	50
1.4.2	Mittelgroße Kommunen und Kreise: Masterplan 100 % Klimaschutz im Kreis Steinfurt .....	52
1.4.3	Kleinstädte und Dörfer: Aufbau und Export von 100 % Grünstrom in Schönau und Feldheim .....	53
1.5	Mieterstrom: Energieprodukt aus erneuerbaren Energien .....	54
1.5.1	Funktionsprinzip Mieterstrom .....	55
1.5.2	Rollen im Mieterstrommodell .....	56
1.5.3	Technologien, rechtliche Anforderungen und Förderung .....	57
1.5.4	Messungen und technische Voraussetzungen .....	58
1.5.5	Sieben Gründe, warum Mieterstrom für Kommunen interessant ist .....	59
1.6	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	60
1.7	Literaturverzeichnis .....	62
<b>2</b>	<b>Elektrische Netze: auf dem Weg zum Smart Grid</b> .....	<b>65</b>
	<i>Simon Köppl, Vincenz Regener</i>	
2.1	Grundlagen von Stromnetzen .....	65
2.1.1	Physikalische Zusammenhänge – was bringt den Strom von A nach B? .....	65
2.1.2	Wie sieht die Netzstruktur in Deutschland aus? .....	66
2.1.3	Wo liegen die Anfänge der elektrischen Kraftübertragung? ...	67
2.1.4	Was sind die Aufgaben der Netzbetreiber? .....	68

2.1.5	Welche Herausforderungen ergeben sich aus der Energiewende für das Netz? .....	69
2.2	Wie wird das Stromnetz zu einem zukunftsfähigen Smart Grid? .....	70
2.2.1	Neue, digitale Netzbetriebsmittel und deren Vernetzung .....	70
2.2.2	Transparenz in Haushalten: Was bringen Smart Meter? .....	71
2.2.3	Flexibilisierung von Erzeugung und Verbrauch: netzdienlich oder zumindest netzverträglich! .....	73
2.3	Micro Grids: innovative Quartiere als individuelle Lösung .....	74
2.4	Best Practice für den Einsatz von Smart Grids .....	75
2.5	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	76
2.6	Literaturverzeichnis .....	77
<b>3</b>	<b>Zukunftshoffnung: thermische Netze .....</b>	<b>81</b>
	<i>Hagen Braas, Markus Bücherl, Janybek Orozaliev, Peder Berne</i>	
3.1	Wie steht Deutschland in der Wärmewende da? .....	83
3.2	Wärmenetze heute und in Zukunft .....	85
3.3	Moderne Fernwärme .....	87
3.4	Beispiele aus der Praxis .....	90
3.4.1	100 % erneuerbare Fernwärme in Marstal .....	90
3.4.2	Geothermie in der Fernwärme München .....	91
3.4.3	Das Fernwärmesystem von Malmö .....	92
3.4.4	ectogrid™ im Medicon Village, Lund .....	96
3.5	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	98
3.6	Literaturverzeichnis .....	100
<b>III</b>	<b>Energie effizienter nutzen</b>	
<b>1</b>	<b>Mit Energieeffizienz Grundlagen legen .....</b>	<b>105</b>
	<i>Ron-Hendrik Hechelmann, Florian Schlosser, Henning Meschede, Alexander Schlüter</i>	
1.1	Energieeffizienz nach dem Zwiebschalenmodell .....	107
1.2	Energieeffizienz in Querschnittstechnologien .....	109
1.2.1	Beleuchtung .....	110
1.2.2	Raumlufttechnische Anlagen (RLT) .....	111
1.2.3	Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung .....	113
1.2.4	Kälte .....	117

1.2.5	Druckluft .....	118
1.2.6	Elektromechanische Antriebe .....	119
1.3	Literaturverzeichnis .....	120
<b>2</b>	<b>Energie einsparen in Industrie und Gewerbe .....</b>	<b>123</b>
	<i>Florian Schlosser, Ron-Hendrik Hechelmann, Henning Meschede, Alexander Schlüter</i>	
2.1	Was können Industrie und Gewerbe ganz konkret tun? .....	123
2.2	Wo kommt Energieeffizienz in der Industrie an ihre Grenzen? .....	128
2.3	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	129
2.4	Literaturverzeichnis .....	131
<b>3</b>	<b>Energieeffiziente Gebäude .....</b>	<b>133</b>
	<i>Garance Emmerich-Bundel, Manuel Lindauer, Alexander Schlüter</i>	
3.1	Hintergrund .....	133
3.2	Hauptfaktoren für den Energieverbrauch .....	136
3.2.1	Gebäudehülle .....	136
3.2.2	HLK - Systeme für den Nutzerkomfort .....	138
3.2.3	Raumheizung .....	139
3.2.4	Warmwasserbereitung .....	140
3.2.5	Raumkühlung .....	140
3.2.6	Raumbelüftung .....	141
3.2.7	Beleuchtung .....	142
3.3	Die Rolle von digitalen Technologien bei der Energieeffizienz von Gebäuden .....	143
3.4	Vorschriften für die Energieeffizienz von Gebäuden .....	147
3.5	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	148
3.6	Literaturverzeichnis .....	149
<b>IV</b>	<b>Sektoren koppeln und Energie speichern</b>	
<b>1</b>	<b>Wer grüne Energie will, muss auch koppeln und speichern ..</b>	<b>153</b>
	<i>Henning Meschede, Diana Khripko, Alexander Schlüter</i>	

<b>2</b>	<b>Mehr Flexibilität durch Speicher</b> .....	<b>159</b>
	<i>Matthias Philipp, Alexander Jäger, Andreas Kießling, Egon Westphal</i>	
2.1	Bedarf an Speichern im elektrischen Energiesystem .....	159
2.2	Technologien .....	164
2.3	Anwendungsgebiete .....	165
	2.3.1 Batteriesysteme .....	165
	2.3.2 Thermische Speicher .....	167
2.4	Praxisbeispiel: „Werksviertel Mitte“ in München .....	168
2.5	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	171
2.6	Literaturverzeichnis .....	174
<b>3</b>	<b>Mehr Wasserstoff und grüne Brennstoffe einsetzen</b> .....	<b>177</b>
	<i>Eugenio Scionti, Matteo Genovese, Christoph Pellinger, Petronilla Fragiaco</i>	
3.1	Motivation .....	177
	<i>Katherina Reiche</i>	
3.2	Einleitung .....	178
3.3	Gegenwärtiger Stand und Perspektiven .....	179
3.4	Herstellung .....	186
3.5	Infrastrukturen für Übertragung, Verteilung und Speicherung .....	190
3.6	Nutzung in den energieintensiven Sektoren .....	192
3.7	Nutzung im Stromsektor .....	194
3.8	Nutzung in Gebäuden .....	196
3.9	Nutzung in der Landwirtschaft .....	198
3.10	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	200
3.11	Literaturverzeichnis .....	202
<b>4</b>	<b>Vorbereiten auf eine nachhaltigere Mobilität</b> .....	<b>205</b>
	<i>Alexander Schlüter, Matteo Genovese, Petronilla Fragiaco</i>	
4.1	Herausforderungen für den Sektor .....	205
4.2	Technologien und Perspektiven für Elektrofahrzeuge .....	210
4.3	Lade- und Flexibilitätsoptionen durch Anschluss an das Energiesystem .....	218
4.4	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	221
4.5	Literaturverzeichnis .....	223

<b>5</b>	<b>Energienachfrage flexibler gestalten</b> .....	<b>227</b>
	<i>Diana Khripko, Henning Meschede, Eva Meschede</i>	
5.1	Lastverschiebungspotenzial identifizieren .....	229
5.2	Praktische Beispiele für Flexibilisierung in Industrie und GHD .....	233
5.2.1	Umwandlung von elektrischer Energie in andere Energieformen .....	233
5.2.2	Nachfrageanpassung durch Energieträgerwechsel .....	235
5.2.3	Flexibilität in betrieblicher Planung und Steuerung von elektrischen Anlagen .....	237
5.2.4	Fokus: gewerbliche Wasserversorgung .....	238
5.3	Praktische Beispiele für Flexibilisierung in Haushalten .....	239
5.4	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	244
5.5	Literaturverzeichnis .....	247
<b>V</b>	<b>Kommunen und Energiesysteme digitalisieren</b>	
<b>1</b>	<b>Digitalisierung: Thema unserer Zeit</b> .....	<b>253</b>
	<i>Victoria Ossadnik</i>	
<b>2</b>	<b>Energiewende vor Ort: Kommunen digitalisieren</b> .....	<b>255</b>
	<i>Matthew Timms, Laura Antonia Färber</i>	
2.1	Digitalisierung als zentrales Element der Energiewende .....	255
2.1.1	Digitalisierung von Energieanlagen .....	256
2.1.2	Digitalisierung auf der Energieverbraucherseite .....	257
2.1.3	Wendepunkte für signifikante Veränderungen in Energiesystemen .....	259
2.2	Technologien als Verstärker des Wandels .....	261
2.3	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	264
2.4	Literaturverzeichnis .....	265
<b>3</b>	<b>Der Prosumer im Zentrum des digitalen Energiesystems</b> ....	<b>267</b>
	<i>Svetlana Ikonnikova, Alexander Schlüter, Bernadette Brandner</i>	
3.1	Energiewende durch Digitalisierung .....	269
3.2	Die Digitalisierung unterstreicht die Rolle von Netzwerkeffekten .....	271
3.3	Neue Möglichkeiten zur Wertschöpfung nutzen .....	275
3.4	Rechenzentren aufbauen und Blockchain nutzen? .....	277

3.5	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	280
3.6	Literaturverzeichnis .....	282
<b>4</b>	<b>Daten und Internet der Dinge (IoT) .....</b>	<b>283</b>
	<i>Giorgio Cortiana, Nicholas Ord</i>	
4.1	IoT-Wachstum und -Potenzial .....	284
4.2	Daten jenseits spezifischer Domänen .....	286
4.3	Daten von und zu IoT-Geräten für steuerbare Fernlenkung .....	287
4.4	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	290
4.5	Literaturverzeichnis .....	291
<b>5</b>	<b>Künstliche Intelligenz als Wegbereiter für smartere Kommunen .....</b>	<b>293</b>
	<i>Juan Bernabé-Moreno, Theodoros Evgeniou</i>	
5.1	Einführung .....	293
5.1.1	Definition von KI und intelligenten Systemen .....	296
5.1.2	Voraussetzungen und einschränkende Faktoren für KI: Stichwort Daten .....	298
5.1.3	Problemtypen und KI-Tools .....	299
5.2	KI macht unsere Kommunen smart .....	300
5.2.1	Intelligente Fertigung .....	301
5.2.2	Intelligente Gebäude .....	303
5.2.3	Intelligente Mobilität .....	304
5.2.4	Intelligente Energiesysteme .....	306
5.2.5	Intelligente Logistik .....	307
5.2.6	Intelligente Landwirtschaft .....	309
5.2.7	Intelligente Abfallentsorgung: Der Weg zur Kreislaufwirtschaft .....	311
5.2.8	Intelligente Polizei und Rettungsdienste .....	312
5.2.9	Intelligente Gesundheitsversorgung und Nachhaltigkeit .....	313
5.3	Der Weg der Anpassung .....	315
5.3.1	Ökosystem für die Serviceentwicklung .....	317
5.3.2	Prozesse und Steuerung .....	317
5.3.3	Daten und Technologiebereitschaft .....	318

5.4	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	319
5.5	Literaturverzeichnis .....	320
<b>VI Konkret werden</b>		
<b>1</b>	<b>Interessen einbinden und optimale Finanzierung finden .....</b>	<b>327</b>
	<i>Maria Garbuzova-Schlifter, Philipp Bugs, Kuldip Singh</i>	
1.1	Einführung .....	327
1.2	Ein Blick auf die Interessenvertreter .....	329
1.3	Ausgewählte Finanzierungs- und Förderungsmöglichkeiten .....	332
1.3.1	Fremdfinanzierung .....	335
1.3.2	Eigenkapitalfinanzierung .....	337
1.3.3	Hybridfinanzierung .....	340
1.4	Ausgewählte Förderungsoptionen .....	342
1.5	Ausgewählte Partnerschaftsmodelle .....	346
1.5.1	Joint Venture .....	346
1.5.2	Öffentlich-private Partnerschaft .....	347
1.5.3	Bürgerbeteiligungsmodelle .....	348
1.6	Fazit und Handlungsoptionen für smarte Kommunen .....	349
1.7	Literaturverzeichnis .....	352
<b>2</b>	<b>Interviews .....</b>	<b>355</b>
2.1	Interview Wunsiedel .....	355
2.2	Interview Rosenheim .....	357
2.3	Interview München .....	359
<b>3</b>	<b>Wir müssen handeln: Jetzt! .....</b>	<b>361</b>
	<i>Alexander Schlüter, Juan Bernabé-Moreno</i>	
	<b>Abkürzungsverzeichnis für Fachbegriffe .....</b>	<b>363</b>
	<b>Register .....</b>	<b>367</b>