

INHALT

VORWORT VON DR. PHILIPP RÖSLER, BUNDESMINISTER FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE	8
VORWORT VON GÜNTHER OETTINGER, EU-KOMMISSAR FÜR ENERGIE	9
VORWORT VON PROF. DR. HENNING KAGERMANN, PRÄSIDENT acatech	10
KURZFASSUNG	12
PROJEKT	16
1 EINLEITUNG UND GEGENSTAND DER STUDIE	18
2 SZENARIEN FÜR DAS FUTURE ENERGY GRID	34
2.1 Methodisches Vorgehen	34
2.1.1 Szenario-Vorbereitung	35
2.1.2 Szenariofeld-Analyse	36
2.1.3 Szenario-Prognostik	37
2.1.4 Szenario-Bildung	38
2.1.5 Szenario-Transfer	40
2.1.6 Anwendung	41
2.2 Schlüsselfaktoren	43
2.2.1 Schlüsselfaktor 1 – Ausbau der elektrischen Infrastruktur	43
2.2.2 Schlüsselfaktor 2 – Verfügbarkeit einer systemweiten IKT-Infrastruktur	47
2.2.3 Schlüsselfaktor 3 – Flexibilisierung des Verbrauchs	49
2.2.4 Schlüsselfaktor 4 – Energiemix	53
2.2.5 Schlüsselfaktor 5 – Neue Services und Produkte	56
2.2.6 Schlüsselfaktor 6 – Endverbraucherkosten	59
2.2.7 Schlüsselfaktor 7 – Standardisierung	61
2.2.8 Schlüsselfaktor 8 – Politische Rahmenbedingungen	65
2.3 Ableitung der Szenarien	70
2.4 Szenario „20. Jahrhundert“	75
2.4.1 Überblick	75
2.4.2 Wesentliche Entwicklungen	75
2.5 Szenario „Komplexitätsfalle“	78
2.5.1 Überblick	78
2.5.2 Wesentliche Entwicklungen	78
2.5.3 Erläuterungen und Annahmen	83

2.6 Szenario „Nachhaltig Wirtschaftlich“	83
2.6.1 Überblick	83
2.6.2 Wesentliche Entwicklungen	84
2.6.3 Erläuterungen und Annahmen	87
2.7 Zusammenfassung	88
3 ROLLE DER IKT IM FUTURE ENERGY GRID	90
3.1 Methodisches Vorgehen	90
3.2 Stand der IKT im Energieversorgungssystem 2012	93
3.2.1 IKT-Struktur in der Höchst- und Hochspannungsebene (380 kV; 220 kV)	93
3.2.2 IKT-Struktur in der Hochspannung (110 kV)	97
3.2.3 IKT-Struktur in der Mittelspannung (20 kV)	97
3.2.4 IKT-Struktur in der Niederspannung (0,4 kV)	98
3.3 Modell der Systemebenen	98
3.4 Technologiefelder	101
3.4.1 Technologiefeld 1 – Asset Management für Netzkomponenten	103
3.4.2 Technologiefeld 2 – Netzleitsysteme	104
3.4.3 Technologiefeld 3 – Wide Area Measurement-Systeme	107
3.4.4 Technologiefeld 4 – Netzautomatisierung	108
3.4.5 Technologiefeld 5 – FACTS	110
3.4.6 Technologiefeld 6 – IKT-Konnektivität	112
3.4.7 Technologiefeld 7 – Asset Management für dezentrale Erzeugungsanlagen	115
3.4.8 Technologiefeld 8 – Regionale Energiemarktplätze	117
3.4.9 Technologiefeld 9 – Handelsleitsysteme	119
3.4.10 Technologiefeld 10 – Prognosesysteme	120
3.4.11 Technologiefeld 11 – Business Services	122
3.4.12 Technologiefeld 12 – Virtuelle Kraftwerkssysteme	123
3.4.13 Technologiefeld 13 – Anlagenkommunikations- und Steuerungsmodule	125
3.4.14 Technologiefeld 14 – Advanced Metering Infrastructure	126
3.4.15 Technologiefeld 15 – Smart Appliances	128
3.4.16 Technologiefeld 16 – Industrielles Demand Side Management/Demand Response	130
3.4.17 Technologiefeld 17 – Integrationstechniken	132
3.4.18 Technologiefeld 18 – Datenmanagement	135
3.4.19 Technologiefeld 19 – Sicherheit	137
3.5 Technologische Sicht der Future Energy Grid-Szenarien	139
3.5.1 Szenario „Nachhaltig Wirtschaftlich“	139
3.5.2 Szenario „Komplexitätsfalle“	146
3.5.3 Szenario „20. Jahrhundert“	151
3.6 Zusammenfassung	155

4	MIGRATIONSPFADE IN DAS FUTURE ENERGY GRID	158
4.1	Methodisches Vorgehen	158
4.2	Beziehung zwischen den Technologiefeldern	158
4.2.1	Geschlossene Systemebene	159
4.2.2	IKT-Infrastrukturebene	167
4.2.3	Vernetzte Systemebene	168
4.2.4	Querschnittstechnologiefelder	186
4.2.5	Zusammenfassende Analyse der Querschnittstechnologien	193
4.3	Analyse der Migrationspfade	194
4.3.1	Kritische Technologiefelder und Entwicklungsschritte im Szenario „20. Jahrhundert“	195
4.3.2	Kritische Technologiefelder und Entwicklungsschritte im Szenario „Komplexitätsfalle“	197
4.3.3	Kritische Technologiefelder und Entwicklungsschritte im Szenario „Nachhaltig Wirtschaftlich“	199
4.3.4	Szenarioübergreifende Analyse	201
4.3.5	Migrationsphasen für das Szenario „Nachhaltig Wirtschaftlich“	201
4.3.6	Kernaussagen	205
4.4	Zusammenfassung	206
5	INTERNATIONALER VERGLEICH	207
5.1	Methodisches Vorgehen	207
5.2	Kriterien	208
5.2.1	Archetyp	209
5.2.2	Entwicklungsansatz	211
5.3	Auswahl der Länder	212
5.4	Ländersteckbriefe	213
5.4.1	Deutschland	213
5.4.2	USA	215
5.4.3	China	217
5.4.4	Europa	218
5.4.5	Dänemark	220
5.4.6	Frankreich	222
5.4.7	Brasilien	224
5.4.8	Indien	225
5.4.9	Italien	227
5.4.10	Russland	228
5.5	Modellprojekte	230
5.5.1	Amsterdam Smart City	230
5.5.2	Masdar City	231
5.5.3	Singapur	231
5.5.4	Stockholm	232

5.6 Ländervergleich	232
5.6.1 Rahmenbedingungen	233
5.6.2 Energiemix	234
5.6.3 Technologieführerschaft	235
5.6.4 Grundlegende Gestaltungsfaktoren und Positionierung der Länder	237
5.7 Zusammenfassung	239
6 RAHMENBEDINGUNGEN FÜR EIN FUTURE ENERGY GRID	240
6.1 Transformation der Energiesysteme zwischen Markt und staatlicher Lenkung	240
6.2 Herausforderung Integration fluktuierender, erneuerbarer Energien	242
6.2.1 Zubau zur Kompensation der Angebots-Inelastizität	242
6.2.2 Reduzierung der Inelastizität	243
6.2.3 Flexibilisierung der Nachfrage	245
6.2.4. Verstärkte europäische Marktintegration	245
6.3 Intelligentes Verteilnetz ist Voraussetzung für sinnvolles Smart Metering	246
6.4 Künftiges Marktdesign	248
6.4.1 Erneuerbare Energien im Markt	249
6.4.2. Regulierungsparadigma und FEG	250
6.4.3 Belohnung von Flexibilität	252
6.5 Intelligente Verteilnetze in einem zentralisierten europäischen Übertragungsnetz	253
6.6 Transformation von Übertragungs- und Verteilnetz zu einem FEG	253
6.7 Wechselwirkungen eines FEG mit Erzeugung	254
6.8 Zusammenfassung	255
7 SMART GRID UNTER DEM GESICHTSPUNKT DER VERBRAUCHERAKZEPTANZ	257
7.1 Ist-Stand der Forschung	257
7.1.1 Einführung	257
7.1.2 Status Quo	257
7.1.3 Kosten-Nutzen-Relation	258
7.1.4 Stromanbieter/Datenschutz	259
7.1.5 Persönliche Autonomie	259
7.1.6 Ökologische Aspekte	260
7.1.7 Aktuelle Wohnsituation	260
7.1.8 Akzeptanz intelligenter Haushaltsgeräte	260
7.1.9 Informationsverhalten/Kaufverhalten der Endverbraucher	261
7.1.10 Exkurs: Verbrauchergruppierungen	262
7.1.11 Generelle Anforderungen beim Kauf von EMS	262

7.2 Methodisches Vorgehen: Akzeptanz aus der Perspektive der Sinus-Milieus	263
7.2.1 Der Forschungshintergrund	263
7.2.2 Das Positionierungsmodell	263
7.2.3 Kurzcharakteristik der Sinus-Milieus	264
7.3 Identifikation von Zielgruppen-Potenzialen in den Sinus-Milieus	266
7.3.1 Wohnsituation und Haushaltsstruktur	267
7.3.2 Energie und Umwelt	269
7.3.3 Umweltbewusstsein in den Sinus-Milieus	269
7.3.4 Einstellung gegenüber und Anforderungen an moderne Technik	271
7.3.5 (Mobiles) Internet und Web 2.0	274
7.3.6 Datenschutz	277
7.3.7 Diffusionsmodell für Produktinnovationen	278
7.3.8 Entwicklung der Sinus-Milieus bis 2030	280
7.3.9 Ergebnisse der EnCT-Marktstudie	280
7.3.10 Fokussierung auf die Zielgruppe	284
7.4 Zusammenfassung	286
8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	290
LITERATUR	294
ANHANG I: ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	311
ANHANG II: GLOSSAR	316