

VDE-Studie



Dezentrale Energieversorgung 2020

Titel

VDE-Studie Dezentrale Energieversorgung 2020 - Gesamttext

Autoren

ETG-Taskforce Dezentrale Energieversorgung 2020

Dipl.-Ing. Willi Horenkamp	Universität Dortmund
Dipl.-Ing. Wilfried Hube	EWE AG, Oldenburg
Prof. Dr.-Ing. Johann Jäger	Universität Erlangen-Nürnberg
Dr. Ing. Martin Kleimaier	vormals RWE Essen
Prof. Dr. Ing. Walter Kühn	Fachhochschule Frankfurt am Main
Dipl.-Ing. David Nestle	ISET Kassel
Dipl.-Ing. (FH) Roland Pickhan	MVV Energie AG, Mannheim
Dipl.-Ing. Martin Pokojski (Leiter)	Vattenfall Europe Berlin AG & CO. KG, Berlin
Dipl.-Ing. Thomas Raphael	Energetische Gesellschaft im VDE (ETG), Frankfurt
Prof. Dr.-Ing. Jörg Scheffler	Hochschule Merseburg (FH)
Dipl.-Ing. Christian Schulz	Technische Universität Braunschweig
Dr.-Ing. Christine Schwaegerl	Siemens AG, Erlangen
Dipl.-Ing. Detlef Wielsch	E.ON Engineering, Gelsenkirchen
Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann	Technische Universität München

Herausgeber

Energetische Gesellschaft im VDE (ETG)
Stresemannallee 15
60596 Frankfurt
Telefon 069 6308-346
Telefax 069 6308-9836
etg@vde.com
www.vde.com/etg

Zusätzlich zu dieser Veröffentlichung wurde die Publikation "VDE-Studie Dezentrale Energieversorgung 2020" herausgegeben.

© 2007

Vorwort

Die Energiewirtschaft befindet sich weltweit in einer Umbruchphase. Diese ist gekennzeichnet durch die absehbare Verknappung fossiler Energieträger, verstärkt durch den dramatisch steigenden Energiebedarf der aufstrebenden Länder, insbesondere China und Indien. Die damit verbundene zunehmende Nachfrage auf den Energiemärkten hat bereits zu deutlichen Preissteigerungen geführt. Die Abhängigkeit Europas von Energieimporten wurde gerade in letzter Zeit wieder offensichtlich. Immer häufiger werden vor allem leitungsgebundene Energieträger als Druckmittel zur Durchsetzung wirtschaftlicher oder politischer Interessen eingesetzt. Darüber hinaus zwingt die rasante Klimaveränderung zu umgehendem Handeln.

Für Industrienationen wie Deutschland steht daher die Sicherstellung einer zuverlässigen, nachhaltigen, umweltverträglichen und zugleich preisgünstigen Energieversorgung an erster Stelle. Hierzu gehören ein sinnvoller Energiemix und eine Verbesserung der Energieeffizienz bei Erzeugung, Übertragung und Verbrauch. Insbesondere die erneuerbaren heimischen Energien wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie usw. müssen langfristig einen höheren Stellenwert einnehmen. Neben der Deckung des Strombedarfs sind auch der Wärmebedarf sowie die Energieversorgung im Verkehrssektor in ein ganzheitliches und tragfähiges Energiekonzept einzubeziehen.

Die Nutzung fossiler Energieträger, auf die wir als ein wichtiger Pfeiler unserer Energieversorgung auf absehbare Zeit nicht verzichten können, erfordert einen ressourcen- und umweltschonenden Umgang. Hierzu zählen die Entwicklung hocheffizienter Kraftwerkstechnologien und Verfahren zur CO₂-Sequestrierung. Besonders sinnvoll ist jedoch die gleichzeitige Auskopplung und Nutzung von Strom und Wärme aus dem Energieumwandlungsprozess durch Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlagen). Dies bietet sich vor allem bei dezentralen Versorgungskonzepten an, da eine Wärmeverteilung über größere Distanzen nicht wirtschaftlich ist. Derzeit vorwiegend noch mit Erdgas betrieben, können KWK-Anlagen langfristig auf Biogas oder andere Biotreibstoffe umgerüstet werden. Dezentrale Versorgungskonzepte können auch dazu beitragen, die Netzverluste zu reduzieren, indem ein möglichst großer Teil des lokal erzeugten Stroms dort genutzt wird. Eine ausschließlich dezentrale Versorgung ist allerdings weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll, da das un stetige und nicht flächendeckend verfügbare Dargebot der erneuerbaren Energieträger entsprechende Speicherkapazitäten und leistungsfähige Netze erfordert, um eine bedarfsorientierte Versorgung zu ermöglichen.

Auch auf der Verbraucherseite kann durch effizientere Prozesse und ressourcenschonende Bauweisen ein wertvoller Beitrag zur Energieeinsparung geleistet werden. Durch ein geeignetes Lastmanagement lässt sich der Verbrauch besser an das aktuell vorhandene Energiedargebot anpassen. Mit Hilfe von Wärmepumpen kann die in der Erde gespeicherte Wärmeenergie nutzbar gemacht werden, und solarthermische Anlagen werden im Wärmemarkt größere Anteile erreichen und damit

fossile Energieträger ersetzen. Langfristig wird auch im Verkehrssektor regenerativ erzeugter Wasserstoff in Kombination mit Brennstoffzellen die fossilen Energieträger ersetzen.

Die Qualität der Energieversorgung gewinnt zunehmend an Bedeutung. In letzter Zeit aufgetretene Großstörungen haben uns dies wieder verdeutlicht. Hier können dezentrale Versorgungskonzepte dazu beitragen, dass besonders wichtige Prozesse auch in solchen Fällen sicher weiterversorgt werden können.

In zukünftigen Szenarien können dezentrale Versorgungskonzepte also einen wertvollen Beitrag leisten und die überregionale, mehr oder weniger zentrale Energieversorgung sinnvoll ergänzen. Im Rahmen der Studie werden technische und wirtschaftliche Aspekte der dezentralen Versorgungssysteme dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	9
2 Was wird unter dezentraler Versorgung verstanden?	11
2.1 Rahmenbedingungen	11
2.2 Definition „Dezentrale Energieversorgung“	11
2.3 Systemansatz zur „Dezentralen Energieversorgung“	12
3 Stand der Entwicklung, Perspektiven	13
3.1 Bedarfsentwicklung.....	13
3.1.1 Strombedarf	13
3.1.2 Wärme- und Kältebedarf	14
3.2 Betrieb dezentraler Systeme	17
3.2.1 Lastganglinien	17
3.2.2 Einsatz dezentraler Systeme	18
3.2.3 Abnahme der in KWK erzeugten Wärme.....	19
3.3 Erzeugungssysteme	20
3.3.1 Einsatzverhalten der Erzeugungssystemen.....	20
3.3.2 Qualitätskriterien dezentraler KWK-Systeme	20
3.3.3 Klassifizierung der Erzeugungssysteme	22
3.4 Energiespeicherung.....	32
3.4.1 Wärmespeicher	32
3.4.2 Elektrische und elektrochemische Stromspeichersysteme	33
3.4.3 Schwungmassenspeicher (Drehmassen-Speicher)	34
3.4.4 Chemische und wasserstoffbasierte Speichersysteme.....	35
3.4.5 Großspeicher im Verbundnetz (Physikalische Speichersysteme)....	35
3.4.6 Wasserstoff als Energieträger.....	36
3.5 Spannungsfeld – Konkurrenz von Solarthermie und KWK	36
4 Beschreibung dezentraler Systeme	39
4.1 Einfamilienhaus	39
4.2 Mehrfamilienhaus	39
4.3 Gewerbe/Industrie.....	39
4.4 Siedlung	39
4.4.1 Verteilungssysteme	40
4.4.2 Verbrauchs- und Erzeugungsstrukturen von Siedlungsgebieten	41
4.5 Stadt.....	43
4.6 Bilanzkreis	43
4.7 Mikro-Netze (Microgrids).....	44
4.8 Virtuelles Kraftwerk	45
5 Unterstützung durch IT- und TK-Technologien	47
5.1 Besonderheiten dezentraler Einheiten.....	47
5.2 Optimierungssysteme	48
5.3 Kommunikationssysteme	49
6 Auswirkungen auf das Netz	53
6.1 Netzplanung	53

6.2	Anschluss dezentraler Anlagen	54
6.2.1	Änderung der Netzauslastung	55
6.2.2	Netzverluste.....	55
6.2.3	Standortauswahl aus Netzsicht	56
6.3	Anlagen und Netzschutz	56
6.4	Einfluss von DEA auf die Netzführung.....	58
6.5	Bilanzregelkreise	58
6.6	Systemdienstleistungen	59
6.6.1	Systemdienstleistungen durch DEA	59
6.6.2	Spannungs-Blindleistungsregelung.....	60
6.6.3	Leistungs-Frequenzregelung	61
6.6.4	Wirtschaftliche Anreize für DEA-Systemdienstleistungen	61
6.7	Netzinvestitionen	62
7	Betrieb eines Gesamtsystems mit Großkraftwerken und dezentraler Erzeugung	65
7.1	Beschreibung des Gesamtsystems.....	65
7.2	Erzeugungsmöglichkeiten und Bedarfsdeckung, Regelstrategien	65
7.2.1	Regelung im Verbundsystem.....	65
7.2.2	Veränderungen durch Zunahme fluktuierender Erzeugung	66
7.2.3	Dezentrale Systeme mit plan- und steuerbarer Stromerzeugung....	66
7.2.4	Clusterung und Betrieb eines Virtuellen Kraftwerks	68
7.2.5	Regelung durch Verbrauchsanpassung	68
7.2.6	Tarif- und Vergütungsstrukturen.....	69
7.2.7	Einfluss der Stromerzeugung (rotierende Maschinen, Umrichter) ...	69
7.3	Einfluss dezentraler Systeme auf den Betrieb von Großkraftwerken	69
7.3.1	Wirkungsgrad	70
7.3.2	Betriebsführung.....	70
7.4	Speicherbedarf und Speichermanagement.....	71
7.5	Bedeutung der Netze in einem Gesamtsystem	72
7.6	Konsequenzen eines liberalisierten Strommarktes.....	72
7.7	Optimierung des Gesamtsystems	73
7.7.1	Optimierungskriterien	73
7.7.2	Optimierungsebene (Systemgrenzen)	74
8	Möglichkeiten der Umsetzung	77
8.1	Engagement von Privatpersonen	77
8.2	Umsetzung durch Unternehmen	78
8.3	Umsetzung durch Betreibergesellschaften (Contracting).....	78
8.4	Versorgung durch Energieversorger.....	79
9	Wirtschaftlichkeit dezentraler Systeme.....	81
9.1	Interessenlage der Akteure.....	81
9.2	Rahmenbedingungen	82
9.2.1	Stromsteuer	83
9.2.2	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz.....	83
9.2.3	Erneuerbare-Energien-Gesetz	83
9.2.4	CO ₂ -Zertifikate	83
9.2.5	Regulator	84
9.3	Betriebswirtschaftliche Größen	84
9.3.1	Investition	84
9.3.2	Betriebskosten	86

9.3.3	Erlöse.....	89
9.4	Regelenergie	90
9.5	Derzeitige und zukünftige Tarifmodelle	91
9.6	Wechselwirkungen mit dem Energiemarkt	93
9.6.1	Wettbewerbssituation im Strommarkt	93
9.6.2	Wettbewerbssituation im Wärmemarkt	94
10	Szenarien	97
10.1	Beschreibung der Gebiete.....	97
10.2	Versorgungskonzept.....	98
10.3	Ergebnisse.....	101
10.3.1	Primärenergieverbrauch	102
10.3.2	CO ₂ -Emission	104
10.3.3	Investition	105
10.3.4	Kosten	107
10.4	Erwartete Entwicklung	111
10.5	Verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger	113
10.6	Zusammenfassung Szenarien	113
11	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	115
11.1	Zusammenfassung	115
11.1.1	Dezentrale Systeme und Einflussfaktoren	115
11.1.2	Aufbau dezentraler Systeme	116
11.1.3	Netze, Kommunikationssysteme und IT	116
11.1.4	Betrieb eines Gesamtsystems/Player.....	118
11.1.5	Szenarien.....	119
11.2	Schlussfolgerungen	120
	Abkürzungsverzeichnis.....	121
	Abbildungsverzeichnis	123