

INHALT

	SEITE
1 KLEINWASSERKRAFT	9
1.1 EINFÜHRUNG	9
1.1.1 Grundlagen	9
1.1.2 Planung einer Kleinwasserkraftanlage	9
1.2 WASSERKRAFTPOTENTIALE UND ANLAGENAUSWAHL	10
1.2.1 Hydrologie	10
1.2.2 Wasserkraftpotentiale	10
1.2.3 Jahresenergieproduktion	11
1.2.4 Standortwahl und Anlagenanordnung	11
1.3 WASSERBAULICHE ANLAGENTEILE	12
1.3.1 Dämme und Wehre	12
1.3.2 Einlassbauwerk	12
1.3.3 Kanäle	12
1.3.4 Druckrohrleitungen	14
1.3.5 Abflusskanäle	14
1.4 ELEKTROMECHANISCHE AUSRÜSTUNG	14
1.4.1 Turbinen	14
1.4.2 Getriebe und Drehzahlübersetzer	17
1.4.3 Generatoren	17
1.4.4 Regler	17
1.4.5 Schalt- und Schutzeinrichtungen	18
1.4.6 Automatische Steuerung	18
1.4.7 Hilfseinrichtungen	19
1.5 KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT	19
1.6 GENEHMIGUNGEN UND BEWILLIGUNGSVERFAHREN	19
1.7 UMWELTAUSWIRKUNGEN	20
2 WINDENERGIE	20
2.1 WINDKRAFT	20
2.1.1 Die Entstehung des Windes	20
2.1.2 Leistungsdichte des Windes	20
2.1.3 Windverhältnisse	21
2.1.3.1 <i>Zeitabhängigkeit der Windgeschwindigkeit</i>	21
2.1.3.2 <i>Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit</i>	22
2.1.3.3 <i>Standortabhängigkeit der Windgeschwindigkeit</i>	23
2.1.4 Globale Windpotentiale	23
2.1.5 Entwicklung und Perspektiven der Windenergienutzung	23
2.2 AUFBAU VON WINDKRAFTANLAGEN	24
2.2.1 Allgemeines	24
2.2.2 Rotor	24
2.2.3 Gondel	25
2.2.3.1 <i>Rotorwelle</i>	25
2.2.3.2 <i>Scheibenbremse</i>	25
2.2.3.3 <i>Getriebe</i>	25
2.2.3.4 <i>Generator</i>	26
2.2.3.5 <i>Windrichtungsnachführung</i>	26
2.2.4 Turm	26
2.2.4.1 <i>Freitragende Rohrtürme</i>	26
2.2.4.2 <i>Freitragende Gittertürme</i>	27
2.2.4.3 <i>Abgespannte Türme</i>	27
2.2.5 Leistungsregelung	27
2.2.6 Rotordrehzahl	27
2.3 LEISTUNGSSCHARAKTERISTIK	28
2.3.1 Einsatzbereiche von Windkraftanlagen	28
2.3.1.1 <i>Windparks</i>	28
2.3.1.2 <i>Dezentraler Einsatz von Windkraftanlagen</i>	28
2.3.1.3 <i>Hybridsysteme</i>	29
2.3.2 Energieertrag von Windkraftanlagen	29
2.3.2.1 <i>Allgemeines</i>	29
2.3.2.2 <i>Abschätzung der Jahresenergieertrages</i>	29
2.3.2.3 <i>Auslastungsfaktor</i>	30
2.3.3 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Windkraftanlagen	30
2.3.4 Netzintegration von Windkraftanlagen	30

2.3.4.1	<i>Korrelation mit der erforderlichen Netzlast</i>	31
2.3.4.2	<i>Windparks</i>	31
2.3.4.3	<i>Qualitätskriterien der Leistung</i>	31
2.3.5	<i>Wirtschaftlichkeit</i>	31
3	PHOTOVOLTAIK	32
3.1	EINFÜHRUNG	32
3.1.1	Hintergrund	32
3.1.2	Sonnenenergie	32
3.2	SOLARZELLEN	33
3.2.1	Entstehungsgeschichte von Solarzellen	33
3.2.2	Herstellung von Solarzellen	33
3.2.3	Funktionsweise von Solarzellen	34
3.3	PHOTOVOLTAIK-GENERATOR	35
3.3.1	Komponenten eines PV-Generators	36
3.3.1.1	<i>Solarzelle</i>	36
3.3.1.2	<i>Strang</i>	36
3.3.1.3	<i>Solarmodul</i>	36
3.3.1.4	<i>Einkapselung</i>	36
3.3.1.5	<i>Schutzdioden</i>	37
3.3.1.6	<i>Montagesysteme</i>	37
3.3.2	Funktionsweise eines PV-Generators	37
3.3.2.1	<i>Serienschaltung</i>	37
3.3.2.2	<i>Parallelschaltung</i>	38
3.3.2.3	<i>Schutzdioden</i>	38
3.3.2.4	<i>Nachführung</i>	38
3.4	PHOTOVOLTAIK-SYSTEME	39
3.4.1	Markt	39
3.4.2	Autarke Inselsysteme	40
3.4.2.1	<i>Komponenten und Wartung</i>	40
3.4.2.2	<i>Kosten und Wirtschaftlichkeit</i>	41
3.4.2.3	<i>PV-Hybridsysteme</i>	41
3.4.3	Netzgekoppelte Systeme	41
3.5	WIRTSCHAFTLICHE UND ÖKOLOGISCHE ASPEKTE	42
3.5.1	Wirtschaftlichkeit	42
3.5.2	Ökologische Aspekte	42
4	SOLARTHERMISCHE STROMERZEUGUNG	43
4.1	EINFÜHRUNG	43
4.2	SOLARTHERMISCHE KRAFTWERKSKONZEPTE	43
4.2.1	Parabolrinnen-Kraftwerke	43
4.2.2	Solarturm-Kraftwerke	45
4.2.3	Dish/Stirling-Anlagen (Paraboloidkraftwerke)	46
4.2.4	Aufwindkraftwerke	47
4.3	KOSTEN SOLARTHERMISCHER KRAFTWERKE	47
4.3.1	Parabolrinnen-Kraftwerke	47
4.3.2	Solarturm-Kraftwerke	48
4.3.3	Dish/Stirling-Anlagen	49
4.4	PROJEKTENTWICKLUNGEN	49
4.5	MARKTAUSSICHTEN	51
5	GEOATHERMISCHE ENERGIE	52
5.1	WESENTLICHE MERKMALE GEOATHERMISCHER ENERGIE	52
5.1.1	Grundlagen	52
5.1.2	Geothermische Vorkommen	52
5.1.2.1	<i>Hydrothermale Niederdrucklagerstätten</i>	52
5.1.2.2	<i>Hydrothermale Hochdrucklagerstätten</i>	53
5.1.2.3	<i>Heiße, trockene Gesteine</i>	53
5.1.2.4	<i>Magmavorkommen</i>	53
5.1.3	Nutzung der geothermischen Energie	53
5.1.3.1	<i>Geothermische Stromerzeugung</i>	54
5.1.3.2	<i>Direkte Wärmenutzung</i>	54
5.2	VERFAHREN ZUR STROMERZEUGUNG	54
5.2.1	Grundlagen	54
5.2.2	Anlagen mit direkter Nutzung des Dampfes	55
5.2.3	Anlagen mit Single- und Double-Flash-Systemen	55
5.2.4	Binäranlagen	56

5.2.4.1	Rankine-Prozess mit organischem Arbeitsmittel (Organic Rankine Cycle, ORC)	57
5.2.4.2	Kalina-Prozess	57
5.2.5	Hybrid-Kraftwerke	57
5.2.6	Wirkungsgrade	58
5.3	AUFSCHLIESSEN GEOTHERMISCHER RESSOURCEN/HERSTELLEN VON FÖRDERSONDEN	58
5.3.1	Tiefbohranlage	59
5.3.1.1	Bohrplatzerstellung und -einrichtung	59
5.3.1.2	Bohrverfahren	59
5.3.2	Bohrtechnik	59
5.3.3	Bohrspülungen	60
5.3.4	Verrohrung und Zementation	60
5.3.5	Komplettierung	60
5.4	POTENTIALE GEOTHERMISCHER STROMERZEUGUNG	61
5.4.1	Weltweit	61
5.4.2	Deutschland	61
5.5	KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT	62
5.6	UMWELTAUSWIRKUNGEN	62
5.6.1	Allgemein	62
5.6.2	Umweltauswirkungen im Normalbetrieb	63
5.6.3	Umweltauswirkungen durch Störfälle	63
6	BIOMASSE	63
6.1	BIOMASSE ALS ENERGIETRÄGER	63
6.1.1	Allgemeines	63
6.1.2	Kreislauf bei der energetischen Nutzung der Biomasse	64
6.1.3	Strom aus Biomasse	64
6.2	ARTEN VON BIOMASSE ZUR STROMERZEUGUNG	65
6.2.1	Holzartige Biomasse	65
6.2.1.1	Reststoffe aus der Zellstoff- und Papierindustrie	65
6.2.1.2	Waldrestholz	65
6.2.1.3	Be- und Verarbeitungsresthölzer	65
6.2.1.4	Altholz	65
6.2.2	Landwirtschaftliche Reststoffe	66
6.2.2.1	Bagasse	66
6.2.2.2	Reisspelzen	66
6.2.2.3	Stroh	66
6.2.3	Energiepflanzen	66
6.2.4	Abfälle	66
6.2.4.1	Abfälle aus der Industrie	66
6.2.4.2	Haushaltsabfälle	66
6.2.4.3	Abfälle aus der Tierhaltung	67
6.2.4.4	Abwässer	67
6.3	STROMERZEUGUNG AUS BIOMASSE	67
6.3.1	Technik der Energieumwandlung	67
6.3.2	Verbrennung	68
6.3.2.1	Festbettfeuerung	68
6.3.2.2	Wirbelschichtfeuerung	68
6.3.2.3	Einblasfeuerung	69
6.3.3	Ko-Verbrennung in Kohlekraftwerken	69
6.3.4	Vergasung	69
6.4	MARKTPOTENTIALE, UMWELT UND WIRTSCHAFT	71
6.4.1	Marktentwicklung	71
6.4.2	Ökologische Aspekte	71
6.4.3	Wirtschaftliche Vorteile	72
6.4.4	Markthemmnisse	72
7	SPEICHERSYSTEME	73
7.1	EINFÜHRUNG	73
7.2	ELEKTROCHEMISCHE SPEICHER / BATTERIEN	73
7.2.1	Blei-Säure-Akkumulatoren	73
7.2.2	Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren	74
7.2.3	Lithium-Akkumulatoren	74
7.2.4	Lade- und Entladekontrolle	74
7.3	PUMPSPEICHER	75
7.4	DRUCKLUFTSPEICHER	76
7.5	SCHWUNGRADSPEICHER	76

7.6	SUPRALEITENDE MAGNETISCHE ENERGIESPEICHER (SMES)	76
7.7	SUPERKONDENSATOREN	77
7.8	WASSERSTOFF	77
8	RAHMENBEDINGUNGEN, POTENTIALE UND MARKTPERSPEKTIVEN	78
8.1	ERNEUERBARE ENERGIEN IN DER ENERGIEVERSORGUNG	78
8.1.1	Der Strommarkt	78
8.1.2	Beitrag zur CO ₂ -Minderung	79
8.1.3	Wirtschaftliche Implikationen	79
8.1.4	Kosten der Energiebereitstellung	80
8.2	FINANZIELLE FÖRDERUNG	80
8.2.1	Förderung auf Bundesebene	82
8.2.1.1	<i>Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)</i>	83
8.2.1.2	<i>Das Marktanzreizprogramm zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien</i>	83
8.2.1.3	<i>Das "100.000 Dächer Solarstrom"-Programm</i>	83
8.2.2	Förderung durch die Bundesländer	85
8.2.3	Kommunale Förderung	85
8.2.4	Private Förderung	85
8.2.4.1	<i>Förderung durch Energieversorgungsunternehmen</i>	85
8.2.4.2	<i>Fonds- und Beteiligungsmodelle</i>	85
8.2.4.3	<i>Grüner Strom</i>	86
8.3	POLITIK ZUR FÖRDERUNG ERNEUERBARER ENERGIEN	86
8.3.1	Klimaschutz und erneuerbare Energien	86
8.3.2	Das europäische Leitbild zu erneuerbaren Energien	87
8.3.3	Ökologische Steuerreform	88
8.4	NUTZUNGSPERSPEKTIVEN ERNEUERBARER ENERGIEN	88
8.5	NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN EUROPA	88
ANHANG		90
LITERATURVERZEICHNIS		91