

### 3 Eigenbedarfssystem

ULRICH DICKEHAGE, JENS PAETZOLD (Kapitel 3.1 bis 3.9);

UWE SCHULZ, WOLFGANG PFEIFER (Kapitel 3.10.1); ULRICH DICKEHAGE (Kapitel 3.10.2)

Bei Elektrizitäts- oder Kraftwerken handelt es sich um Industrieanlagen zur Umwandlung primärer Energieträger in elektrische Energie allein oder elektrische Energie in Kombination mit verwertbarer Wärmeenergie. Die zur Energieumwandlung erforderlichen technischen Verfahren sowie die physikalischen und chemischen Prozesse benötigen für eine ordnungsgemäße Funktion ebenfalls Energie.

Das elektrische Eigenbedarfssystem stellt einen wesentlichen Baustein der Kraftwerksanlage dar. Es ist das interne Energieversorgungssystem zur Versorgung aller an der Umwandlung beteiligten elektrischen Verbraucher unter Berücksichtigung unterschiedlichster Anforderungen.

Ehrgeiziges Ziel aller Beteiligten ist seit eh und je und heute in besonderem Maße, die Nutzung primärer Energieträger durch rationelle Energieumwandlung zu steigern. Dies hat unter verstärkter Beachtung des Umwelt- und Klimaschutzes für den umgebenden Lebensraum zu erfolgen und bleibt so als hohe Anforderung und Herausforderung bestehen. Dass es hier bereits deutliche Fortschritte gegeben hat, zeigt der Vergleich zu einer der ersten Anlagen mit Dampfkolbenmotoren, die zu Beginn der Stromerzeugung aus Kohle Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts noch 12,3 kg SKE Kohle zur Umwandlung in 1 kWh (elektrisch) benötigten, was einem Wirkungsgrad von ca. 1 % entspricht. Das waren die Werte im ersten deutschen Drehstrom-Elektrizitätswerk der AEG in Berlin-Oberspree im Jahr 1885. SKE wurde erst viel später als Begriff eingeführt und bedeutet Steinkohleneinheit. Definiert wurde 1 t SKE aus 7 Gcal, 29,31 GJ oder 8 140 kWh (thermisch).

Heute werden Wirkungsgrade für Kohlekraftwerke bis 45 % mit ferrobasierten Werkstoffen erreicht. Durch den Einsatz neuer Werkstoffe, z. B. mit nickelbasierten Legierungen, werden in schon laufenden Erprobungen Temperaturen > 700 °C und Drücke > 300 bar beherrscht. Bei Verwendung dieser Werkstoffe in Kombination mit angepassten Prozessen (Braunkohle-trocknung) und durch weitere strömungstechnische Optimierung von Turbinenbauteilen mit 3-D-Beschaufelung und angepassten Anströmelementen in der Turbine werden weitere Verbesserungen erwartet. Parallel dazu sind Kombinationen zur Reduzierung des Dampf-eigenbedarfs und damit zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads mit

- Gasturbinen als Vorschaltmaschine zur Unterstützung des Hochdruckbereichs und
- solarthermischen Einrichtungen im Bereich der Vorwärmungen

in der Erprobung, sodass schon in absehbarer Zukunft Wirkungsgrade > 50 % (netto) erreicht werden. Das würde einem Brennstoffbedarf < 245 g SKE Kohle je Kilowattstunde (elektrisch) entsprechen. Von dieser Effizienzsteigerung profitieren Anlagen mit Wärmekraftkopplung zusätzlich.

Die Verbesserung des Wirkungsgrads bei der Energieumwandlung durch bessere Einzelkomponenten, durch den Einsatz neuer Technologien und Werkstoffe bedeutet aber nicht gleichzeitig

eine Verringerung des elektrischen Eigenbedarfs. Einrichtungen zur Rauchgasreinigung wie Elektrofilter, Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) und Anlagen zur Stickoxidminderung (DeNox), die nun schon seit Jahren zur Grundausstattung neuer Kraftwerke in Industrieländern gehören, müssen aus den elektrischen Eigenbedarfsanlagen zusätzlich mit Energie versorgt werden. Die Reduzierung von Stäuben und von im Reingas unerwünschten Bestandteilen erfordert auch in Zukunft eine aufwendigere Behandlung der Aschen, Reststoffe, Kühl- und Abwässer. Die Abscheidung von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ist eine weitere Rauchgasreinigung, die sich bei zukünftiger Anwendung durch ihren hohen Leistungsbedarf in erheblichem Umfang auf die Eigenbedarfsanlagen auswirkt. Je nachdem, welches Verfahren zur Abscheidung gewählt wird, verringert sich der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks um ca. 5 % beim Carbonat-Looping-Verfahren und um 10 % bis 15 % durch das Oxyfuel-Verfahren oder eine Aminwäsche.

Versuchsanlagen für diese und weitere Verfahren werden derzeit weltweit betrieben, um die Verfahren selbst zu optimieren und den zum Betrieb notwendigen Eigenbedarf bei gleichem Abscheidegrad zu minimieren.

Die bereits heute installierten und die noch zu erwartenden sog. Kraftwerksnebenanlagen werden zukünftig leistungsstarke Abnehmer elektrischer Eigenbedarfsleistung sein; durch sie werden die Kraftwerke nicht nur reine „Stromfabriken“, sondern in verstärktem Maß auch Lieferanten wertvoller Grundstoffe für weiterverarbeitende Industriezweige.

## 3.1 Anlagentypen

Primärenergie kann heute auf vielerlei Arten in elektrische Energie gewandelt werden. Dabei wird grundsätzlich von drei Basisformen ausgegangen:

- direkte Energieumwandlung,
- mechanische Energieumwandlung,
- thermische Energieumwandlung.

Aus diesen Basisformen haben sich eine Vielzahl unterschiedlichster Anlagen entwickelt, die hier nur aufgezeigt bzw. angerissen werden.

### 3.1.1 Direkte Energieumwandlung

Zur Umwandlung der direkten Energie werden Solarzellen und Brennstoffzellen verwendet sowie Generatoren, die den Hall-Effekt in ionisierten Gasen nutzen.

#### Solarzellen

Solarzellen werden in Photovoltaikanlagen zur direkten Wandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie eingesetzt. Der Begriff Kraftwerk ist hier nicht gebräuchlich.

Durch staatliche Förderung hat die Anzahl installierter Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren stark zugenommen. Bild 3.1 und Bild 3.2 zeigen Solaranlagen für die private und gewerbliche Nutzung.

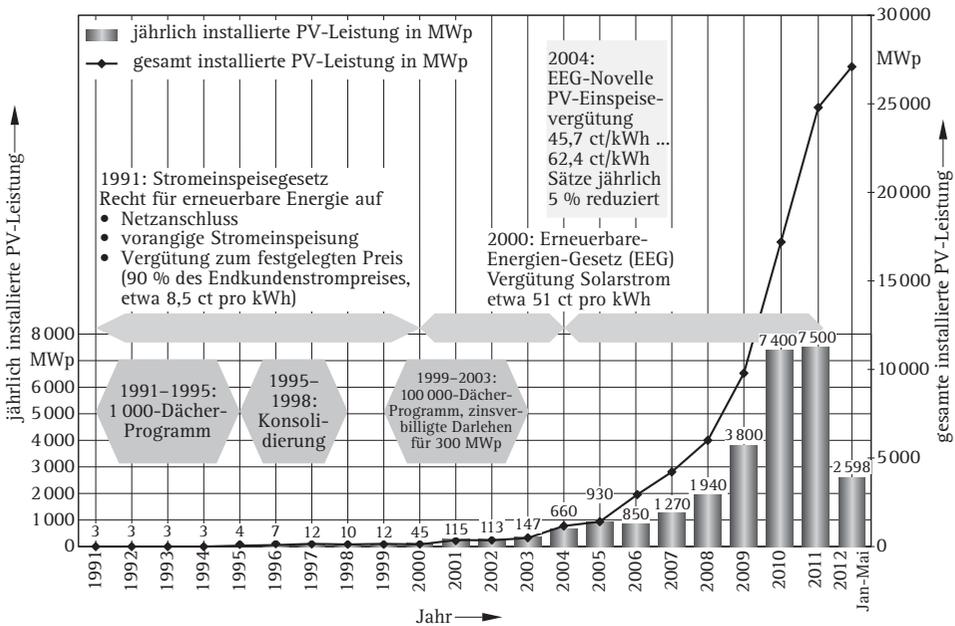
Die Entwicklung des deutschen Photovoltaikmarkts seit dem Jahr 1991 ist in Bild 3.3 dargestellt.



**Bild 3.1** Photovoltaikanlage auf einem Carport  
Quelle: Ulrich Dickehage



**Bild 3.2** SSKW-Anlage im Leipziger Land  
Quelle: Geosol – Gesellschaft für Solarenergie mbH



**Bild 3.3** Entwicklung des deutschen Photovoltaikmarkts – Auswertung und grafische Darstellung der (vorläufigen) Meldedaten der Bundesnetzagentur nach § 16 (2) EEG 2009, Stand 14. Juni 2012  
Quelle: Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (BSW Solar)

## Brennstoffzellen

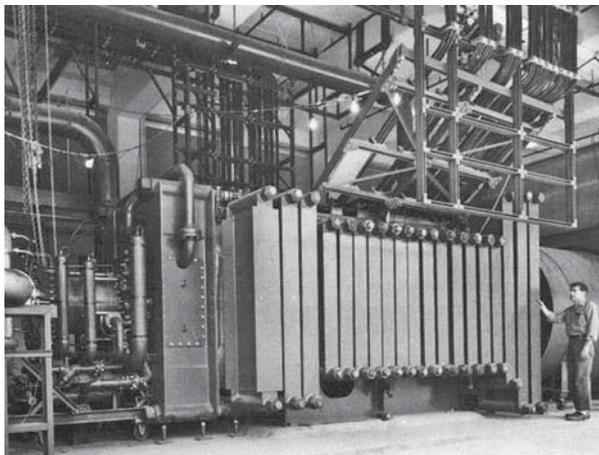
Brennstoffzellen nutzen die chemische Reaktion einer katalytischen Oxidation zur Abgabe von Elektronen und damit zur elektrochemischen Energiewandlung. Im Lauf der Entwicklung ist durch Versuche mit unterschiedlichen Elektrolyten und Gasen eine Vielzahl von Brennstoffzellentypen für unterschiedliche Anwendungsfälle in der Raumfahrt, beim Militär, im stationären und im mobilen Bereich entstanden. Die Nutzung von Brennstoffzellen als Kraftwerk ist nur als Kleinanlage (250 kW bis 1 MW) im Versuchsstadium bekannt (Bild 3.4).



**Bild 3.4** Brennstoffzelle im Praxistest – Hotmodule  
Quelle: CFC Solutions GmbH

## MHD- und MPD-Generator

Im Versuchsstadium befinden sich auch Magneto-Hydrodynamische-(MHD-) oder Magneto-Plasmadynamische-(MPD-)Generatoren (Bild 3.5). Bei diesem Prinzip strömt heißes ioni-



**Bild 3.5** Industrieller MHD-Generator im Versuch mit 40 MW (brutto) für wenige Minuten  
Quelle: Textron Corp.

siertes Gas mit hoher Geschwindigkeit durch ein Magnetfeld. Dabei werden die positiven und negativen Ladungsträger entgegengesetzt aus dem Gas abgelenkt und eine Spannung induziert, die dann über Elektroden abgegriffen werden kann. In Kombination mit einer Dampferzeugung für einen konventionellen turbinengetriebenen Generator können in der Theorie Wirkungsgrade von über 50 % erreicht werden.

### 3.1.2 Mechanische Energieumwandlung

Bei der Umwandlung der mechanischen Energie werden hauptsächlich Wasser- und Windenergieanlagen verwendet.

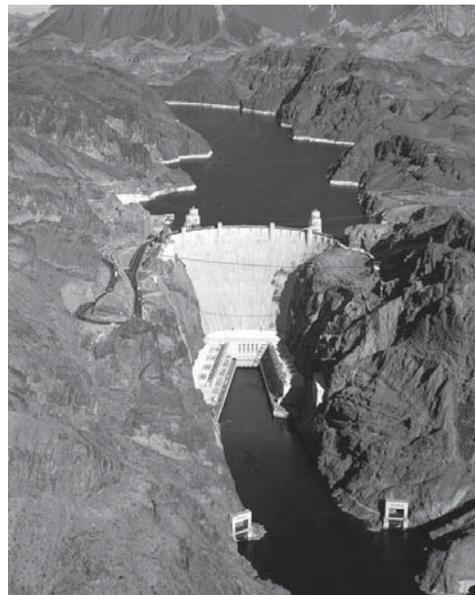
#### 3.1.2.1 Wasserkraftanlagen

Bei den Wasserkraftanlagen bietet sich eine Vielzahl verschiedener Nutzungen an:

- Speicherkraftwerke aus Stauseen,
- Pumpspeicherwerke,
- Kavernenkraftwerke,
- Laufwasserkraftwerke inkl. kleiner Strombojen.

##### Speicherkraftwerke

Ein Speicherkraftwerk nutzt die im Stausee gespeicherte potenzielle Energie des Wassers für die Umwandlung in elektrische Energie (**Bild 3.6**). Der Generator befindet sich am Fuß des Stausees. Im Bereich der Staumauer ist ein Überlauf, durch den das Wasser den Turbinen zugeführt wird. Bei Niedrigwasser können auch Schleusen unterhalb des Überlaufs geöffnet werden, sodass immer noch elektrische Energie umgewandelt werden kann.



**Bild 3.6** Speicherkraftwerk am Hoover Dam  
Quelle: Bill Bruninga