

KRAFTWERKS- MANAGEMENT

EIN KOMPLEXES WERK

DER TECHNISCH UND WIRTSCHAFTLICH OPTIMALE BETRIEB EINES KRAFTWERKS IST ABHÄNGIG VON ZAHLREICHEN FAKTOREN UND EINE ENTSPRECHEND KOMPLEXE ANGELEGENHEIT.

Wer eine grosse Investition tätigt, will davon auch möglichst lange einen Nutzen haben. Das ist beim Bau und Betrieb eines Kraftwerkes nicht anders als beim Autokauf. Der Besitzer eines Neuwagens wird diesen pflegen und möglichst sorgsam fahren. Seine Basisinvestition sowie seine laufenden Aufwendungen in Form von Benzin- und Unterhaltskosten sollen dadurch möglichst tief gehalten werden, während der Nutzen in Form von Komfort, Fahrspass und Fahrtüchtigkeit möglichst lange anhalten soll.

Auch der Besitzer und Betreiber eines Kraftwerkes muss Kosten- und Ertragsseite seiner Investition stets im Auge behalten, damit sich diese für ihn lohnt. Die Wirtschaftlichkeit eines Kraftwerkes ist abhängig von zahlreichen Faktoren und sein Betrieb daher eine komplexe Angelegenheit. Nur wer Aufwand – etwa für Zinsen, Abschreibungen,

Unterhalt, Personal und Brennstoff – und Ertragsmöglichkeiten durch den Verkauf des produzierten Stroms richtig aufeinander abstimmt, setzt seine Produktionskapazitäten optimal ein und erzielt über die gesamte Lebensdauer eine gute Rendite seiner Investition.

Vielfalt ist Trumpf

In Bezug auf die Kosten für die Stromproduktion sind zwei Typen von Kraftwerken zu unterscheiden. Die eine Gruppe bedingt sehr grosse Anfangsinvestitionen beim Bau, während die variablen Kosten für den Betrieb eher gering sind (Wasserkraft- oder Kernkraftwerk, neue erneuerbare Energien). Die andere Gruppe zeichnet sich umgekehrt durch relativ geringe Investitionskosten aus, generiert aber hohe variable Betriebskosten (etwa aufgrund der Brennstoffpreise im Falle von Gaskraftwerken).

Neben ökonomischen Komponenten spielen beim Einsatz von Kraftwerken auch gesellschaftliche Bedürfnisse und physikalische Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle. Weil Strom nicht in grösseren Mengen speicherbar ist, muss sich im Verteilnetz nämlich jederzeit genau so viel Strom befinden, wie gerade gebraucht wird. Nicht alle Kraftwerkstypen eignen sich gleich gut für eine flexible Anpassung an sich rasch wandelnde Nachfrage- und Marktbedingungen (siehe Grafik 1). Um diesen zu begegnen und die Sicherheit der Stromversorgung jederzeit zu gewährleisten, müssen verschiedene Kraftwerksarten zusammenspielen.

Dieses Zusammenspiel ist fast immer von überregionaler, ja oft von internationaler Natur. Die gewohnte Versorgungssicherheit ist das Resultat einer intensiven Vernetzung von Stromproduzenten, Energiehändlern und Versorgungsunternehmen über Regionen und Länder hinweg. Sie handeln Strom direkt oder via zahlreiche Energiebörsen untereinander, schliessen Versorgungslücken und sichern das Gleichgewicht im Stromnetz.

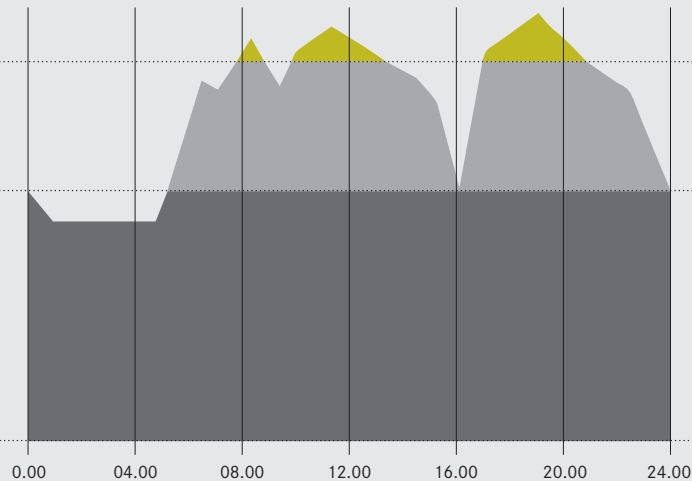
Grafik 1

So wird der schwankende Strombedarf gedeckt

Spitzenlast: Kraftwerke, die in kürzester Zeit ein- oder auch wieder ausgeschaltet werden können

Im Tagesverlauf stark schwankende **Mittellast:** Kraftwerkstypen, die flexibler einsetzbar sind

Rund um die Uhr relativ konstante **Grundlast:** auf kontinuierlichen Betrieb ausgerichtete Kraftwerke



■ Spitzenlast ■ Mittellast ■ Grundlast

Alles nach Fahrplan

Wie wird der Einsatz von verschiedenen Kraftwerken und die Nutzung der Transportnetze für produzierten Strom aber geplant und koordiniert? Kraftwerksbetreiber und Stromhändler reichen beim Betreiber des Übertragungsnetzes täglich so genannte Fahrpläne ein. Diese geben Auskunft darüber, wann welche Menge Strom von einem Punkt im Versorgungsnetz (zum Beispiel einem Kraftwerk) an einen anderen Punkt (etwa zu einem grossen Industriebetrieb) übertragen werden soll. Der Netzbetreiber sammelt alle für sein Netzgebiet relevanten Fahrpläne und sorgt dafür, dass der vereinbarte Energieaustausch korrekt abgewickelt wird und im Stromnetz immer die notwendige, stabile Frequenz herrscht.

In der Praxis kommt es immer wieder zu Abweichungen gegenüber eingereichten Fahrplänen, weil zum Beispiel ein Kälteeinbruch die Nachfrage unerwartet ansteigen lässt oder aber der Bedarf lokal einbricht, da eine grosse Fabrik ihre Produktion aussetzt. Die Folge: Kapazitäten in dafür geeigneten Kraftwerken müssen umgehend zu- oder abgeschaltet werden. Diese so genannte Regelernergie wird ebenfalls vom Übertragungsnetzbetreiber organisiert. Er schreibt die benötigten Kapazitäten in Form einer Auktion unter den Kraftwerksbetreibern aus. Diese entscheiden nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, ob sie ihre Anlagen für diesen Dienst bereithalten oder ohne Einschränkung autonom betreiben wollen.

DIE KRAFT DES WASSERS NUTZEN

DIE WASSERKRAFT IST WELTWEIT
DIE DOMINIERENDE ERNEUERBARE
STROMQUELLE. SIE LÄSST SICH
VERGLEICHSWEISE EINFACH REGU-
LIEREN UND FÜR DIE STROMPRO-
DUKTION NUTZEN.

Die Nutzung von Wasserkraft zur Stromerzeugung ist bewährt und weit verbreitet. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts nahmen erste Wasserkraftwerke ihren Betrieb auf. Heute machen sie rund 15 Prozent des europäischen Kraftwerksparks aus. Der weitere Ausbau der

Wasserkraftnutzung ist stark limitiert, weil der überwiegende Teil der geeigneten Bäche und Flüsse schon genutzt wird.

Die Wasserkraft bündelt viele Vorteile. Dank der langen Geschichte ihrer Nutzung verfügt die eingesetzte Technologie über einen hohen Reifegrad. Die Baukosten für Wasserkraftwerke sind zwar vergleichsweise hoch. Gegenüber der Stromproduktion auf der Basis fossiler Brennstoffe treten aber keine klimagefährdenden Emissionen auf und es fallen keine variablen Kosten für Brennstoffbezug und Umweltzertifikate an. Kommt hinzu, dass die Wasserkraftnutzung grosse gesellschaftliche Akzeptanz genießt und gegenüber anderen Produktionsarten mit hohen Wirkungsgraden von bis zu 90 Prozent punktet. Nachteilig können sich Bau und Betrieb von Wasserkraftwerken jedoch auf Landschaft und Tierwelt in der Umgebung ihres Standortes auswirken, weshalb rund um Wasserkraftwerke oft umfangreiche Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen umgesetzt werden.

Stauen, speichern, pumpen

Genutzt wird Wasserkraft, indem Wasser auf eine Turbine geleitet wird, wodurch sich diese dreht und einen Stromgenerator antreibt. In einem Laufwasserkraftwerk gelangen relativ grosse Wassermengen über eine kleine Fallhöhe auf die Turbine. In einem Speicherkraftwerk werden kleine Wassermengen durch eine Druckleitung über grössere Fallhöhen von teilweise über 200 Metern auf die Turbine geleitet.

Entsprechend ihrer Charakteristik werden die Wasserkraftwerkstypen für die Stromproduktion unterschiedlich eingesetzt. Laufwasserkraftwerke nutzen einen, abgesehen von Phasen grosser Trockenheit oder starker Niederschläge, relativ kontinuierlichen Wasserzufluss. Mit mehr als 50 Prozent Ausnutzung der Turbinenleistung werden sie daher vorwiegend zur Deckung der Grund- und teilweise der Mittellast eingesetzt (siehe Grafik 1).

Speicher- und Pumpspeicherwerke hingegen werden sehr gezielt und flexibel eingesetzt und haben nicht selten eine Auslastung von unter 30 Prozent. Sie sind der ideale Kraftwerkstyp, um als eine Art Batterie den Schwankungen im Strombedarf rasch zu begegnen (Mittel- und Spitzenlast) und daher auch prädestiniert, um so genannte Regelenergie zu liefern.

Trotz Langfristplanung flexibel bleiben

Um Verfügbarkeit, Kosten und Ertragskraft von Kraftwerken laufend zu optimieren, nutzen Energieunternehmen ihre Produktionskapazitäten – in Wasser- und anderen Kraftwerken – in vielfältiger Weise. Neben einer langfristigen strategischen Planung spielt dabei auch eine Rolle, welche Möglichkeiten sich aktuell durch den Verkauf des produzierten Stroms am Markt ergeben. Je nach Ertragspotenzial entscheidet sich ein Betreiber zum Beispiel für den langfristigen Direktverkauf des Stroms an einen Kunden, den kurzfristigen Handel an den internationalen Energiemärkten oder die Lieferung von Regelenergie an den Netzbetreiber.

AUS WÄRME WIRD STROM

THERMISCHE KRAFTWERKE WANDELN WÄRMEENERGIE IN STROM UM. WERDEN DABEI FOSSILE BRENNSTOFFE EINGESETZT, BESTIMMT DEREN PREIS UND DER FÜR CO₂-ZERTIFIKATE DEN BETRIEB MASSGEBLICH MIT.

Ein Grossteil des in Europa verbrauchten Stroms stammt aus thermischen Kraftwerken, die Uran, Gas, Kohle oder Öl zur Stromerzeugung nutzen. Im Jahr 2009 entfiel rund ein Sechstel der Kraftwerkskapazitäten der EU auf Kernkraftwerke und mehr als die Hälfte auf andere, so genannte konventionell-thermische Anlagen.

Kernenergie rund um die Uhr

Physikalische Grundlage für Stromgewinnung in Kernkraftwerken ist die Energiefreisetzung bei der kontrollierten Spaltung von Uranatomen. Mit der dabei entstehenden Wärme wird Wasserdampf für den Betrieb einer Turbine erzeugt, die mit einem stromerzeugenden Generator gekoppelt ist. Der Dampf wird schliesslich abgekühlt und kondensiert wieder zu Wasser.

Kernkraftwerke produzieren in der Regel ohne Unterbruch und tragen zur Deckung des Grundbedarfs an Strom bei. Dies ist zum einen technisch bedingt, da das Steigern und Drosseln der Kernkraftwerksleistung nur langsam vor sich geht. Es ist aber auch wirtschaftlich sinnvoll, da der Bau von Kernkraftwerken sehr hohe Investitionen erfordert, die es durch einen möglichst langen und kontinuierlichen Betrieb wieder zu amortisieren gilt. Die Nutzung der Kernkraft erfolgt unter höchsten Sicherheitsvorkehrungen. Wegen der offenen Standortfrage ist das Thema der Entsorgung des radioaktiven Abfalls noch nicht vollumfänglich gelöst.

Flexible Gaskraftwerke

Auch in konventionell-thermischen Kraftwerken steht der Antrieb einer Wasserdampfturbine im Zentrum des Prozesses zur Stromproduktion. Die hierzu nötige Wärme wird dabei durch das Verbrennen von Öl, Kohle oder Erdgas erzeugt. In effizienteren Gas-Kombikraftwerken,

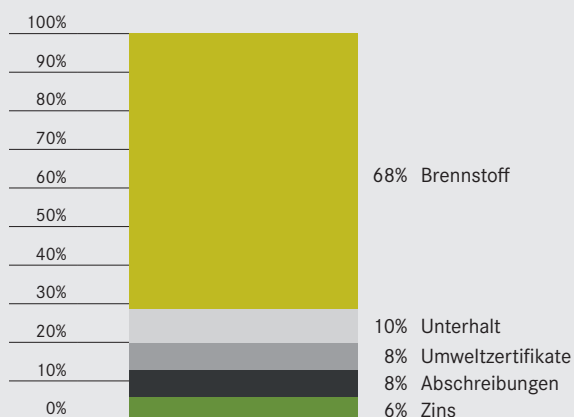
deren Wirkungsgrad deutlich über 50 Prozent liegt, wird sowohl mit Dampf- als auch mit Gasturbinen Strom produziert.

Der wirtschaftlich optimierte Betrieb von fossilen Kraftwerken ist komplex. Bei der Abwägung von Kosten und Ertragsmöglichkeiten spielen diverse Faktoren eine Rolle. So haben die Beschaffungskosten für den Brennstoff einen wesentlichen Einfluss auf die Rentabilität der Stromproduktion. Und bei der Nutzung von fossilen Ressourcen müssen Kraftwerksbetreiber immer auch über international gehandelte CO₂-Zertifikate und teilweise über so genannte Grüne Zertifikate verfügen. Wer ein konventionell-thermisches Kraftwerk betreibt, muss also diverse Einflussfaktoren zentral überwachen und stets situativ entscheiden, ob und mit welcher Strategie der Einsatz seiner Produktionskapazitäten wirtschaftlich sinnvoll ist.

Wirtschaftlich interessant ist es, wenn ein Kraftwerk seinen Betrieb flexibel und rasch an die Marktbedingungen anpassen kann. Hierzu eignen sich zum Beispiel Gaskraftwerke besonders gut. Sie sind meist modular aufgebaut, was die separate Nutzung einzelner Kraftwerksblöcke ermöglicht. Zudem können sie ihre Produktion relativ rasch drosseln oder erhöhen. Gewisse Gaskraftwerke können sogar innert weniger Minuten aus dem Stillstand heraus ihre volle Leistung ins Stromnetz abliefern, wenn dies für den Betreiber wirtschaftlich interessant ist.

Grafik 2

Betriebskosten eines Gas-Kombikraftwerkes



Betreiber eines Gas-Kombikraftwerkes müssen diverse Faktoren auf Kosten- und Ertragsseite im Auge behalten. Neben den Preisen für Erdgas und CO₂-Zertifikate bestimmen die Kosten für den Betrieb des Werkes und dessen Leistungsfähigkeit sowie die zu erzielenden Strompreise die Rentabilität des Kraftwerkseinsatzes.

GEFRAGT, ABER NUR SCHWER BERECHENBAR

DIE NUTZUNG SO GENANNT NEUER ERNEUERBARER ENERGIEN NIMMT IN EUROPA DERZEIT STARK ZU. FÜR DAS MANAGEMENT DER STROMVERSORGUNG IST SIE EINE GROSSE HERAUSFORDERUNG.

Derzeit erlebt die Nutzung von klimaschonender Wind- und Sonnenenergie sowie in kleinerem Rahmen von Biomasse einen wahren Boom. So nahm die weltweit in Windkraftwerken installierte Kapazität 2010 gegenüber dem Vorjahr um rund ein Fünftel zu, jene in Photovoltaikanlagen sogar um rund ein Drittel. Die grössten Windstromproduzenten sind aktuell die USA, Deutschland und China. In der EU wurden 2010 nur 3.8 Prozent des Strombedarfs mittels Windkraft gedeckt. Umfangreiche Förderprogramme sollen aber dazu führen, dass deren Nutzung zu Lande und zunehmend auch im Meer bis 2020 zur Deckung von rund 15 Prozent des EU-Strombedarfs ausreicht. Im Bereich der Photovoltaik nimmt Europa schon heute eine Vorreiterrolle ein. Rund 75 Prozent der weltweit installierten Kapazität in Solarkraftwerken stehen heute auf europäischem Boden. Und die jährlichen Wachstumsraten liegen weit über jenen in anderen Weltregionen. In Relation zu anderen Produktionsarten ist der Beitrag der Sonnenenergie aber gering. In Deutschland etwa wurden 2010 nur gerade 2 Prozent des Stroms mittels Photovoltaik erzeugt (Windkraft: 10 Prozent).

Neuer Wirtschaftsfaktor

Der Aufschwung von Technologien zur Nutzung neuer erneuerbarer Energien setzt nicht zuletzt auch wirtschaftliche Impulse. So ist Deutschland dank einem Förderregime nach China der weltweit zweitgrösste Solarzellenproduzent. Heute arbeiten in der deutschen Photovoltaikbranche oder in Unternehmen, die wichtige Vorleistungen für die Solarstromindustrie erbringen, rund 100'000 Menschen. Ähnlich viele Menschen sind in Deutschland mit Planung und Bau von Windkraftanlagen und ihrem Betrieb beschäftigt. Weltweit geht man von rund 670'000 Stellen aus, die bis 2010 durch die Windkraftnutzung geschaffen wurden.

Grafik 3

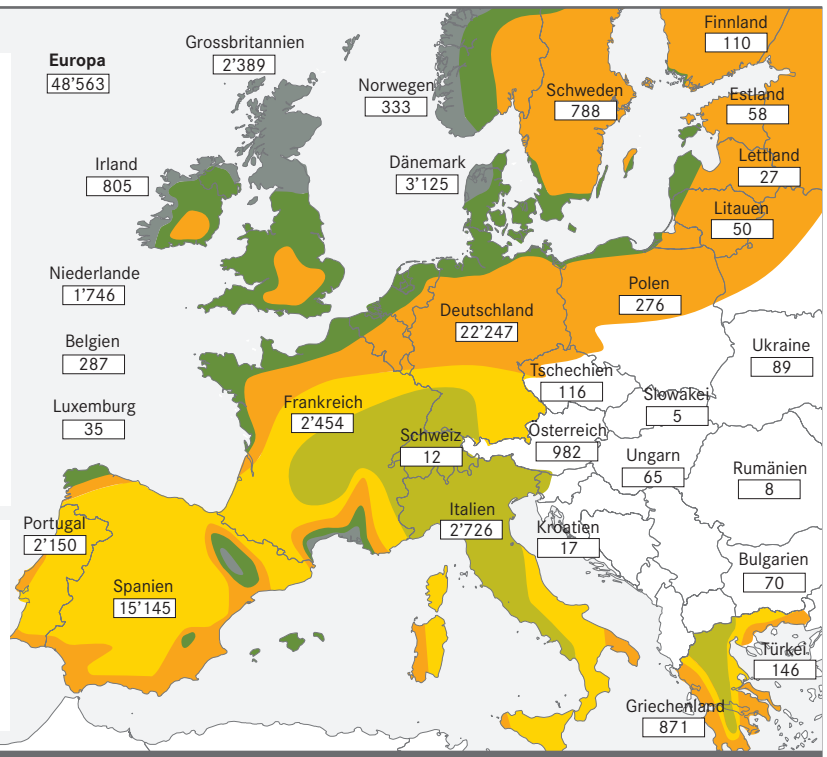
Wo ist die Windkraftnutzung sinnvoll?

Nicht überall kann gleich viel Windenergie zur Stromgewinnung genutzt werden. Diese Karte zeigt die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Regionen Europas sowie die in Windkraftwerken installierte Leistung in Megawatt (Stand 2007). Der Betrieb einer Windkraftanlage etwa ist erst ab einer Windgeschwindigkeit von 2 bis 4 Metern pro Sekunde lohnenswert. Wenn der Wind sehr stark bläst, werden die Rotoren moderner Anlagen aus dem Wind gedreht, um so die Drehzahl zu regulieren bzw. sicherzustellen, dass die Anlage keinen Schaden nimmt.

48'563 Installierte Leistung in MW (Stand 2007)

- > 6 bis > 11.5
- 5.0 bis 11.5
- 4.5 bis 10.0
- 3.5 bis 8.5
- < 3.5 bis < 7.0

Regionen mit ihren durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten (in m/s)



Abhängig von den Launen der Natur

Entscheidender Faktor für die Ausbeute von Solar- oder Windkraftanlagen sind die am Standort herrschenden Wetterverhältnisse. Das führt unter anderem dazu, dass in Europa immer mehr Windparks in der Nordsee geplant und gebaut werden, wo der Wind bis doppelt so stark bläst wie an Land. Auch der beste Standort für die Stromgewinnung aus Wind- oder Sonnenkraft ändert aber nichts daran, dass diese nur begrenzt planbar ist. Der technische Betrieb einer Windkraftanlage etwa ist erst ab einer Windgeschwindigkeit von 2 bis 4 Metern pro Sekunde möglich. Und die durchschnittliche Sonnenscheindauer variiert je nach Standort gewaltig, was eine kontinuierliche Nutzung der Sonnenenergie erschwert. So ist die für die Photovoltaik relevante Sonnenstrahlung in Südspanien rund doppelt so gross wie in Norddeutschland.

Je mehr von den Wetterverhältnissen abhängige Kraftwerke ans Netz gehen, um so grösser wird die Herausforderung an eine sichere Stromversorgung. Der allgemeine Strombedarf bzw. -verbrauch nimmt keine Rücksicht auf die aktuellen Wind- oder Sonnenverhältnisse. Stromversorger müssen daher jederzeit bereit sein, den Wegfall von Strom aus Windparks durch die Produktion in Kraftwerken an anderen Standorten (mit anderen Windverhältnissen) oder mit anderen Technologien zu kompensieren. Umgekehrt kann das plötzliche Einsetzen von Wind dazu führen, dass andere Kraftwerkskapazitäten heruntergefahren werden müssen, damit das Übertragungsnetz nicht überlastet wird. In manchen Gegenden Europas (z.B. Süddeutschland) stösst das Verteilnetz bereits an seine Grenzen.

Die Menge sorgt für Stabilität

Ausgeglichen wird die lokale Unberechenbarkeit der Produktion aus Wind- und Solarkraftwerken durch den überregionalen oder sogar internationalen Austausch von Strom aus neuen erneuerbaren Quellen. Voraussetzung dafür, dass Windstrom aus einer Region fehlende Solarenergie in einer anderen Region kompensieren kann, ist allerdings der europaweite Ausbau der Übertragungsnetze.

Die überregionale Perspektive bei der Nutzung neuer erneuerbarer Energien ist nicht nur mit Blick auf die Versorgungssicherheit notwendig. Sie bietet auch interessante wirtschaftliche Optionen. Um ihre Anlagen an verschiedenen Standorten wirtschaftlich optimal zu nutzen, können Besitzer von Windparks deren Betrieb und die Vermarktung der produzierten Energie nämlich darauf spezialisierten Unternehmen überlassen. Diese verfügen zum einen über das nötige Know-how und die erforderlichen Kontakte – etwa zu Abnehmern von Strom oder zu Energiebörsen –, um für den gewonnenen Strom den besten Preis zu erzielen. Weil sie zum anderen die Produktionskapazitäten verschiedener Windparks bündeln, können sie eine gleichmässige Lieferung von Windstrom an den Markt garantieren, auch wenn das eine oder andere Werk aufgrund von Windstille gerade einmal nicht produziert. Diese Stabilität im Verbund zahlt sich für den einzelnen Produzenten und den Vermarkter von Windstrom in Form von höheren Erträgen aus. Und sie erhöht die Verlässlichkeit der Windkraft als Energiequelle für die moderne Gesellschaft.

EGL AG

Lerzenstrasse 10 | 8953 Dietikon/Zürich | Schweiz

Telefon: +41 (0)44 749 41 41 | Fax: +41 (0)44 749 41 50

www.egl.eu | media.ch@egl.eu