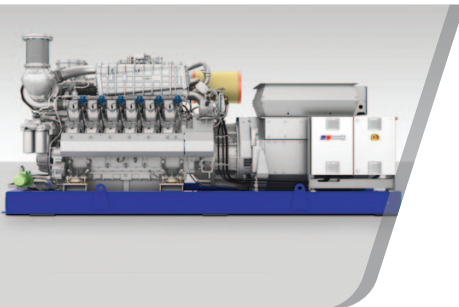


KRAFTWERKE MIT GASMOTOREN IN KOMBINATION MIT ERNEUERBAREN ENERGIEN

Weltweit steigt der Anteil der aus erneuerbaren Energien mit schwankender Verfügbarkeit gewonnenen und in die Stromnetze eingespeisten Strommenge. Flexibler und sauberer Gasmotorentechnologie zum Ausgleich dieser Schwankungen wird zukünftig eine weit bedeutendere Rolle zukommen als bisher.



Autoren:

Kapil Verma

ENSI - System Development
MTU India Pvt Ltd.- EARC, Indien
Kapil.Verma@mtu-online.com

Dr. Harald Gretscher

EDP - Power Plant Design
MTU Friedrichshafen GmbH, Deutschland
Harald.Gretscher@mtu-online.com

GASVERFÜGBARKEIT UND REGIONEN, IN DENEN ENERGIE AUS GAS ALS AUSGLEICH EINGESETZT WERDEN KANN

Gas trägt einen wesentlichen Teil zu sauberem Strom und sauberer industrieller Produktion bei. Prognosen über die weltweite Nachfrage zufolge wird der Anteil von Erdgas am weltweiten Energiemix von 19 Prozent im Jahr 2014 auf 23 Prozent im Jahr 2040 steigen und mit Kohle als zweitwichtigstem Energieträger nach Erdöl gleichziehen (IEA, 2016).

Die weltweite Nachfrage nach Gas wird insbesondere durch China und Indien befeuert.

Der schnelle Anstieg des Strombedarfs in vielen Schwellenmärkten kann bei gleichzeitiger Vergrößerung des Anteils der erneuerbaren Energiequellen Sonne, Wasser und Wind zu einer Diskrepanz zwischen Energiebedarf vor Ort und Kapazität des Netzwerks zur Erfüllung dieses Bedarfs führen. Gleichzeitig sind Verfügbarkeit und Förderung von Erdgas schnell angestiegen, obwohl in vielen Gegenden die Netzwerk-Infrastruktur zum Gastransport fehlt.

Unabhängig davon, ob ein einzelnes Unternehmen oder eine ganze Gemeinde mit Strom versorgt werden soll: In beiden Fällen ist eine zuverlässige Stromversorgung unabdingbar. Überschreitet der lokale Stromverbrauch unerwartet die zur Verfügung stehende Menge und entsteht ein hoher Spitzenbedarf, der die Stabilität des nationalen oder regionalen Netzes bedroht, sind zudem schnelle Abhilfemaßnahmen erforderlich.

Rolls-Royce Power Systems (RRPS) kann auch in abgelegenen Gegenden mit hohem Gasvorkommen einen wichtigen Beitrag zum Aufbau von effektiven und effizienten Kraftwerken auf Basis von gasbetriebenen Verbrennungsmotoren leisten – solchen, die signifikante Strommengen erzeugen und damit das nationale Stromnetz entlasten können. Durch ihre kurze Start- und Abschaltphase und die kurzen Hochlaufzeiten ermöglichen sie auch die erforderliche schnelle Reaktion auf die fluktuierende Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, z.B. bei Anwendung in Microgrids. Kommen mehrere Einheiten zum Einsatz, ermöglicht dies eine große Regelbreite und das ganze Jahr über hohe Verfügbarkeit. Im Rahmen eines modularen Stromversorgungssystems werden diese Vorteile noch deutlicher: Die Verwendung vordefinierter, kundenspezifisch anpassbarer Module ermöglicht hier das Eingehen auf die jeweiligen Anforderungen vor Ort und die Senkung der Vorlaufzeiten zwischen Auftragserteilung und Aufnahme des kommerziellen Betriebs des Kraftwerks.

China wird 2035 mehr Gas verbrauchen als die Europäische Union. Sowohl in China als auch in Indien spielt Gas eine wesentliche Rolle bei der Reduzierung des Kohleverbrauchs und der damit verbundenen Luftverschmutzung. Im Jahr 2014 produzierten die Nicht-OECD-Länder Asiens etwa so viel Gas wie sie verbrauchten. Dabei wiesen China und Indien ein deutliches Defizit zwischen Produktion und Nachfrage auf, Länder wie Myanmar, Indonesien und Malaysia hingegen einen Produktionsüberschuss. Der Nettoimportbedarf dieser Region lag daher bei knapp unter zwei Prozent der Nachfrage. Bis 2040 wird für die Region von einem durchschnittli-

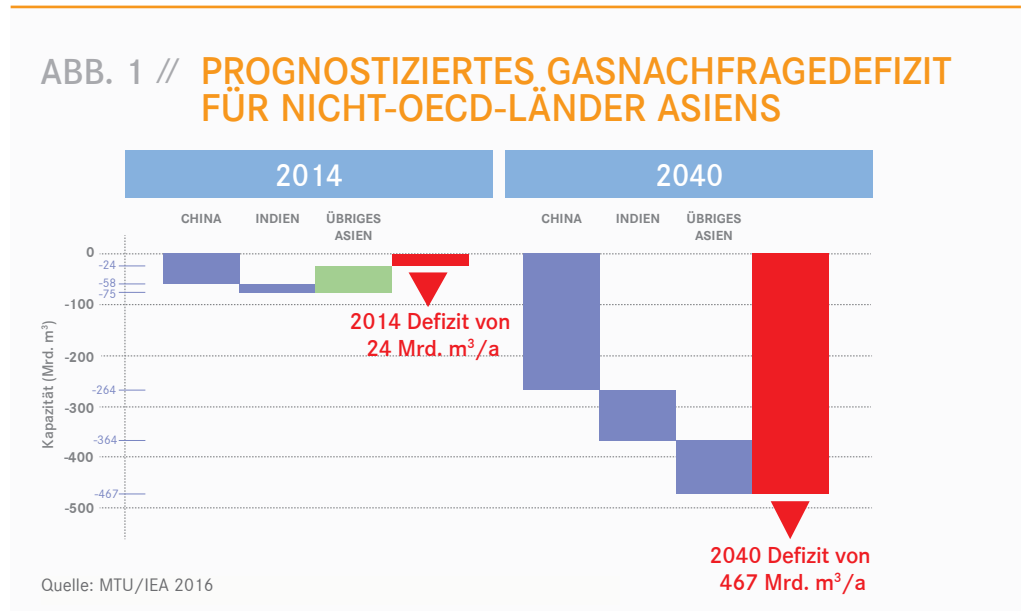
chen jährlichen Anstieg der Nachfrage um 3,6 Prozent ausgegangen (IEA, 2016).

Abbildung 1 zeigt das Gasdefizit der Region, d.h. Gasproduktion minus Gasnachfrage. Im Jahr 2014 betrug Chinas Gasdefizit 58 Milliarden Kubikmeter, das Gasdefizit Indiens 17 Milliarden Kubikmeter. Das Gasdefizit beider Länder zusammen belief sich daher auf 75 Milliarden Kubikmeter. Im Gegensatz dazu produzierten die übrigen Länder Asiens (außer China und Indien) einen Gasüberschuss von 51 Milliarden Kubikmetern. Das Gasdefizit aller Nicht-OECD-Länder Asiens lag 2014 somit bei 24 Milliarden Kubikmetern. Für 2040 wird

für China ein Gasdefizit von 264 Milliarden Kubikmetern und für Indien ein Gasdefizit von 100 Milliarden Kubikmetern prognostiziert. Auch für den Rest Asiens wird für 2040 von einem Gasdefizit von 103 Milliarden Kubikmetern ausgegangen, sodass das Gesamtgasdefizit der Nicht-OECD-Länder Asiens 2040 bei 467 Milliarden Kubikmetern läge.

Die Nachfrage wird durch starkes Wachstum aller gasverbrauchenden Branchen in China und Indien sowie durch die beginnende Nutzung von Gas als bedeutender Brennstoff im Rest der Region angetrieben. Demgegenüber steht jedoch eine jährliche Wachstumsrate der Gasproduktion von zwei Dritteln des Nachfragewachstums. Das Ergebnis dieser veränderten Produktions- und Nachfragesituation ist ein Anstieg des regionalen Defizits auf etwa 32 Prozent der Nachfrage bis 2040, d.h. die Region wird zu einem signifikanten Nettoimporteure von Gas (IEA, 2016).

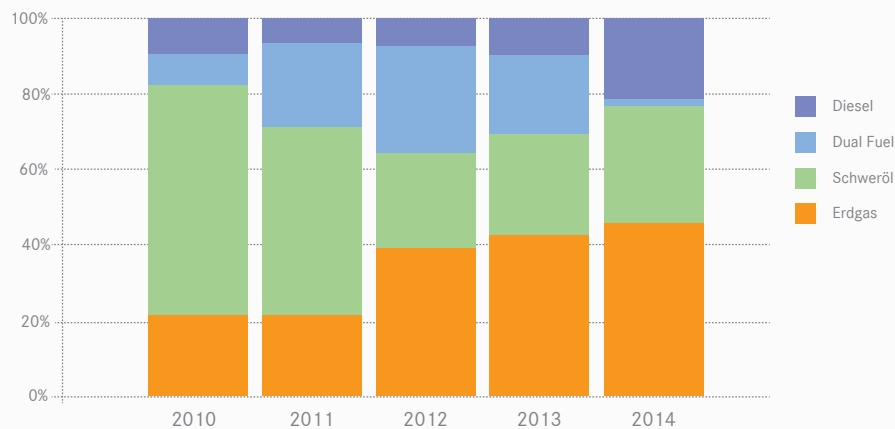
Prognosen gehen für die Region davon aus, dass der Anteil der Stromerzeugung an der Gasnachfrage mit etwa 37 Prozent konstant bleibt. Demgegenüber wird erwartet, dass der direkt von der Industrie genutzte Gasanteil von 21 Prozent auf fast 30 Prozent steigen wird. Dieser prozentuale Anstieg der Gasnachfrage direkt durch die Industrie stellt in Kombination mit der insge-



samt steigenden Nachfrage nach Gas und dem zukünftig großen regionalen Defizit eine bedeutende Herausforderung für die wirtschaftliche Entwicklung dar. Viele Regierungen haben sich klar zum Ziel gesetzt, die Kohlenstoffintensität ihrer zunehmenden wirtschaftlichen Aktivitäten zu reduzieren und die geographische Vielfalt dieser Aktivitäten zu erweitern. Die Ergänzung der Netzstromversorgung durch fluktuierende erneuerbare Energien dient der Erreichung des

ersten Ziels. Allerdings sind geeignete Standorte für fluktuierende erneuerbare Energie und wünschenswerte Standorte für eine expandierende Industrie häufig nicht deckungsgleich. Sofern die Stromnetze verbessert werden können, ist es sinnvoll, die benötigten Regelkraftwerke in räumlicher Nähe zu den neuen Zentren der Stromnachfrage zu errichten. Auf diese Weise können die benötigten Gaspipelines sowohl für den Bedarf durch die Industrie als auch zur Versorgung der Kraftwerke genutzt werden.

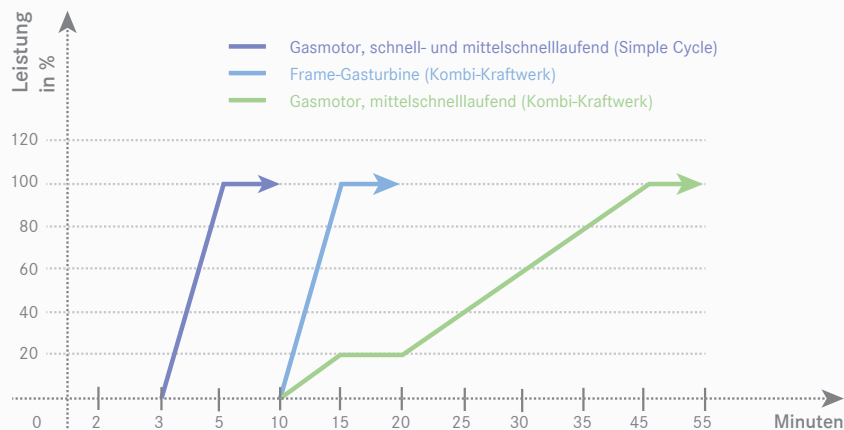
ABB. 2 // WELTWEITER ANTEIL DER KRAFTSTOFFARTEN IN VERBRENNUNGSMOTOREN (SYSTEME > 3,5 MW)



Hieraus ergeben sich zwei wesentliche und parallel laufende Infrastruktur-Entwicklungsprogramme zur Unterstützung einer sauberen wirtschaftlichen Entwicklung. Die Einbeziehung von erneuerbarer Energie zur Begrenzung des CO₂-Ausstoßes erfordert eine Entwicklung der Elektro-Infrastruktur.

Das regionale Gasdefizit und die steigende Nachfrage erfordern den Bau von Importterminals für Flüssigerdgas (LNG). Zudem wird eine Infrastruktur zur Gasverteilung benötigt, um neue Gewerbegebiete mit Gas zu versorgen. Aus Gas erzeugter Strom kann das Bindeglied zwischen diesen beiden Entwicklungen sein und die inhärente Instabilität der fluktuierenden erneuerbaren Energie durch neue Stromnetze ausgleichen, die sogenannte Microgrids bilden und die für das industrielle Wachstum gebaute neue Gasinfrastruktur nutzen.

ABB. 3 // REAKTIONSZEIT VON VERBRENNUNGSMOTOREN BZW. GASTURBINEN



Quelle: MTU Onsite Energy

TECHNOLOGIEN IM VERGLEICH

Bei der Entwicklung dezentraler Stromerzeugungssysteme zur Ergänzung erneuerbarer Energiequellen stehen zwei primäre Antriebslösungen zur Wahl: Gasmotoren (Hubkolbenmotoren) und Gasturbinen. Beide haben sich weltweit in tausenden von Anlagen zur reinen Stromerzeugung (Simple Cycle) und Kraft-Wärme-Kopplung (Erzeugung von Wärme und Strom, KWK) bewährt. Im Laufe der Jahre wurden beide Technologien bezüglich Effizienz, Zuverlässigkeit, Emissionen und Betriebskosten stetig verbessert und werden dies auch weiterhin.

Sehr effektiv ist die Verwendung von Gas zur Stromerzeugung in Anlagen mit Verbrennungsmotor oder in Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken (GuD-Kraftwerken). Mit der zuverlässigeren Verfügbarkeit von Gas

hat sich der Markt für Verbrennungsmotoren für Dauerleistung hin zu reinen Gasmotoren entwickelt. Im Jahr 2014 war der Marktanteil reiner Gasmotoren im hauptsächlich auf Dauerleistung ausgelegten Markt für Stromerzeugung bei Systemen mit einer Leistung von mehr als 3,5 Megawatt erstmals größer als die Anteile von Schwerölmotoren und Motoren mit Dual Fuel zusammen. Siehe hierzu auch Abbildung 2 (DGTW, 2015).

Die Vorteile der Stromerzeugung mittels großer Verbrennungsmotoren wurden bereits in vielen Publikationen dargestellt. In einem Zeitalter der Deregulierung und der Zunahme von Projekten zur unabhängigen Stromerzeugung wird das Marktsegment im Leistungsbereich von 50 bis 200 Megawatt in Asien / China / Indien durch diese Technologie gut bedient. In der Regel ersetzen

Stromerzeugungsprojekte dieser Größenordnung bestehende Kraftwerke mit schnelllaufenden Verbrennungsmotoren oder ermöglichen schnell zusätzliche Kapazitäten auf lokaler oder regionaler Ebene. Letztendlich besteht die Wahl der Technologie häufig in einer Wahl zwischen GuD-Kraftwerken und Kraftwerken mit großen Verbrennungsmotoren, entweder im Simple-Cycle-Betrieb als Kombi-Kraftwerk oder als Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung.

Am Markt wird insbesondere die Flexibilität und Sauberkeit der Stromerzeugung mit Hilfe von Gasmotoren geschätzt. Die größere Regelbreite eines Kraftwerks mit mehreren kleineren Aggregaten statt einer oder zwei großen Gasturbinen ist weithin bekannt. Diese ergibt sich aus der hohen Teillasteffizienz des Gasmotors sowie dem einfacheren Betrieb: die einzelnen Aggregate können nach Bedarf einfach zu- oder abgeschaltet werden.

Moderne schnell- und mittelschnelllaufende Gasmotoren können innerhalb von Minuten starten, synchronisieren und 100 Prozent Last erreichen. Damit erfüllen sie die Anforderungen an die Sekundärregelleistung (SRL). Je nach den vorliegenden Projektbedingungen sind auch noch kürzere Start- und Lastzeiten möglich.

Mit verschiedenen Motoren kann das Kraftwerk gleichzeitig Minutenreserveleistung (MRL) im Simple-Cycle-Betrieb oder als Kombi-Kraftwerk, Sekundärregelleistung im Simple-Cycle-Betrieb durch Start aus dem betriebswarmen Standby-Zustand bzw. Abschaltung von Motoren sowie Primärregelleistung (PRL) im Simple-Cycle-Betrieb liefern. Die im gesamten Leistungsbereich vergleichsweise flache Kraftstoffverbrauchskurve ermöglicht eine hohe Regelbreite für die Primärregelleistung ohne signifikante Beeinträchtigung der Kraftwerkseffizienz. Die abzugebenden Anteile an PRL, SRL und MRL können minutlich angepasst werden, um auf ständig schwankende Kapazitätsanforderungen und Preisstrukturen zu reagieren.

Kraftwerke, die innerhalb von Minuten Strom bereitstellen können, sind wichtig zum Ausgleich der Schwankungen im Stromnetz und zur Aufrechterhaltung einer zuverlässigen Netzstromversorgung. Wie lange ein Kraftwerk

VERGLEICH DES SPEZIFISCHEN BRENNSTOFFVERBRAUCHS (SBV) IN VERSCHIEDENEN BETRIEBSZYKLEN

	KW MIT MS GASMOTOR IM SIMPLE CYCLE	KOMBI-KRAFTWERK MIT GASTURBINE	ABWEICHUNG DES SBV DES GUD-KRAFTWERKS VOM MS
2-Stunden-Pulszyklus	7.870 kJ/kwh	7.870 kJ/kwh	+26%
7-Stunden-Spitzenleistungszyklus	7.945 kJ/kwh	8.112 kJ/kwh	+2%
72-Stunden-Lauf	7.945 kJ/kwh	7.263 kJ/kwh	-8%

zum Hochfahren und Erreichen der maximalen Leistung benötigt, hängt dabei von der zur Stromerzeugung verwendeten Technologie ab.

Verbrennungsmotoren sind in der Lage, innerhalb von weniger als drei bis fünf Minuten zu starten und die volle elektrische Leistung zu erreichen. Damit erfüllen schnell- und mittelschnelllaufende Motoren die strengen Kundenanforderungen und bieten die Möglichkeit eines flexiblen Schnellstarts. Demgegenüber benötigen GuD-Kraftwerke teilweise mehr als 30 Minuten, um die volle elektrische Leistung zu erreichen, siehe Abbildung 3.

Bei einer öffentlichen Ausschreibung wurden vor kurzem die Vorteile einer Lösung mit mittelschnelllaufendem Gasmotor deutlich. Hier wurden neben den 100 Prozent Dauerleistungen über 24 Stunden und 72 Stunden auch flexible 2-Stunden-Pulszyklen und 8-Stunden-Spitzenzyklusleistungen abgefragt. Die Pulszyklen können als eine Art von SRL und MRL betrachtet werden.

Zu der Tabelle "Vergleich des spezifischen Brennstoffverbrauchs (SBV) in verschiedenen Betriebszyklen" (S. 3): Aufgrund der Start-Stopp-Zyklen des Dampfsystems im GuD-Kraftwerk müssen Puls- und Spitzenleistungszyklus im Simple-Cycle-Betrieb erfolgen. Dies beeinträchtigt den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks. Nur wenn das Kraftwerk längere Zeit betrieben wird, kann das Dampfsystem zugeschaltet werden. Erst dann liegt die Effizienz über der des Gasmotorkraftwerks. Für ein Kombi-Kraftwerk mit mittelschnelllaufenden

Motoren läge der vergleichbare spezifische Brennstoffverbrauch im Zyklus über 72 Stunden bei ca. 7.263 kJ/kWh, d.h. die Effizienz entspräche nahezu der des GuD-Kraftwerks.

VORTEILE VON KRAFTWERKEN AUF BASIS VON GASMOTOREN

Durch die zusätzliche Versorgung der Region Asien/China/Indien mit Gas – entweder per Pipeline oder durch als LNG transportiertes und anschließend regasifiziertes Gas – wird Gas seinen Anteil am Energieverbrauch von heute ungefähr acht Prozent auf etwa dreizehn Prozent im Jahr 2040 steigern. Die durchschnittliche jährliche Steigerungsrate liegt dabei bei 3,7 Prozent und damit deutlich über der Nachfragezuwachsrate der zur Stromerzeugung benötigten Energie von 2,5 Prozent (IEA, 2016).

Einige der Vorteile von Kraftwerken auf Basis von Gasmotoren werden im Folgenden erläutert.

// KURZE BAU- UND INBETRIEBNAHMEZEIT

Sobald die Finanzierung geklärt ist und die Ausführungsbestätigung erteilt wurde, ist Zeit ein kritischer Faktor. In einer öffentlichen Ausschreibung in Indien boten zwei Bauträger vor kurzem Lösungen mit Verbrennungsmotor mit einer Projekt-Zeitschiene von 14 Monaten bis zum kommerziellen Inbetriebnahmedatum an. Die GuD-Lösung hingegen erforderte 18 Monate. In Regionen mit unregelmäßiger Stromversorgung kann die kürzere Zeitschiene eine schnellere Entwicklung der lokalen Wirtschaft ermöglichen. Die kürzere Lieferzeit der Verbrennungsmotoren

verkürzt die Projektlaufzeit. Durch Verwendung gleicher modularer Elemente für die Kraftwerksauslegung ist ein paralleles Arbeiten vor Ort möglich, sodass die Bauzeit verkürzt werden kann. Die Verwendung bereits vorab geprüfter und anschließend zur Baustelle transportierter Module reduziert die Errichtungszeit vor Ort und das Risiko einer längeren Inbetriebnahme. Außerdem ermöglicht die Größe der einzelnen Aggregate einen Zusammenbau und Test der großen Komponenten wie Zusatzmodule, Schornsteine, Kühl- und Ladeluftsysteme bereits vorab im Werksumfeld, bevor sie zum Versand in 40-Fuß-Standardcontainer zerlegt und zum Standort des Kraftwerks transportiert werden. Auf der Baustelle müssen sie nur noch eingebaut und in Betrieb genommen werden (siehe Abbildungen 4 und 5).

// STUFENWEISE ENTWICKLUNG

In der Region Asien/China/Indien stellt die Finanzierung eine große Herausforderung dar. Dies gilt insbesondere für unabhängige Stromerzeuger. Durch stufenweise Entwicklung können diese Erfahrungen sammeln und so das Verhältnis von Investitionsaufwand und Umsatzerlösen optimieren. Hierdurch wird der Kapitalfluss verbessert und eine stabile Basis für die weitere Expansion geschaffen. Abbildung 6 zeigt eine stufenweise Entwicklung für ein Kraftwerk mit mittelschnelllaufenden Motoren und einer Aufteilung in zwei bis drei Bauphasen mit je drei bis fünf Motoren. Die Länge der Phasen kann dabei durch die Kapazität der örtlichen Netzanschlüsse, die



Abbildung 4:
Zwei Motorverrohrungsmodulpaare versandbereit auf einem 40-Fuß-Standardanhänger
(Foto: Rolls-Royce Power Systems AG)



Abbildung 5:
Ein Motorsatz Tischkühler pro 40-Fuß-Container
(Foto: Rolls-Royce Power Systems AG)

Gasversorgung und Gaszuweisung oder die Finanzierungsrisiken bestimmt sein. Durch vergleichsweise geringe Zusatzinvestitionen zu Projektbeginn können geeignete Standorte so entwickelt werden, dass diese stufenweise Erweiterungsmöglichkeit bereits in der Standort- und Kraftwerksinfrastruktur berücksichtigt ist. Diese Vorausplanung ermöglicht eine weitgehende Entkoppelung der Konstruktionsphase von den späteren Phasen und einen Lieferbeginn bereits acht Monate nach Vertragsabschluss.

Gasmotoren erreichen einen elektrischen Wirkungsgrad von über 48 Prozent und eignen sich daher hervorragend für Grundlastanwendungen, wo sie vorhandene Gasturbinen im Simple-Cycle-Betrieb oder schnelllaufende Motoren mit Motorwirkungsgraden von 35 bis 45 Prozent ersetzen.

Wird der Gesamtwirkungsgrad wichtiger als die Kapazität, kann durch Ergänzung von Abhitzeesseln und Dampfturbinen in einem weiteren Entwicklungsschritt ein Kombi-Kraftwerk entstehen und der elektrische Wirkungsgrad des Kraftwerks so auf über 50 Prozent gesteigert werden. Bei Kraft-Wärme-Kopplung können leicht Gesamtwirkungsgrade von über 95 Prozent erzielt werden. Wird dieser Umbau bereits zu Projektbeginn mit eingeplant, sind Platzbedarf und Infrastruktur berücksichtigt, und es entstehen nur geringe Zusatzkosten (siehe Abbildung 6).

VERBINDUNG VON GASMOTOREN MIT ERNEUERBAREN ENERGIEN

Im Energiesektor vollzieht sich derzeit eine der größten Transformationen seit seinen Anfängen. Entwicklungsländer erleben eine schnelle Industrialisierung und damit eine wachsende Nachfrage nach Strom. Private und gewerbliche Verbraucher in der gesamten Region Asien/China/Indien erwarten eine kostengünstige und zuverlässige Stromversorgung. In vielen Ländern dieser Region war die Nachfrage nach Strom bisher gering. Diese Länder müssen nun die dreifache Herausforderung bewältigen, mehr Strom zu erzeugen, die für die Übertragung

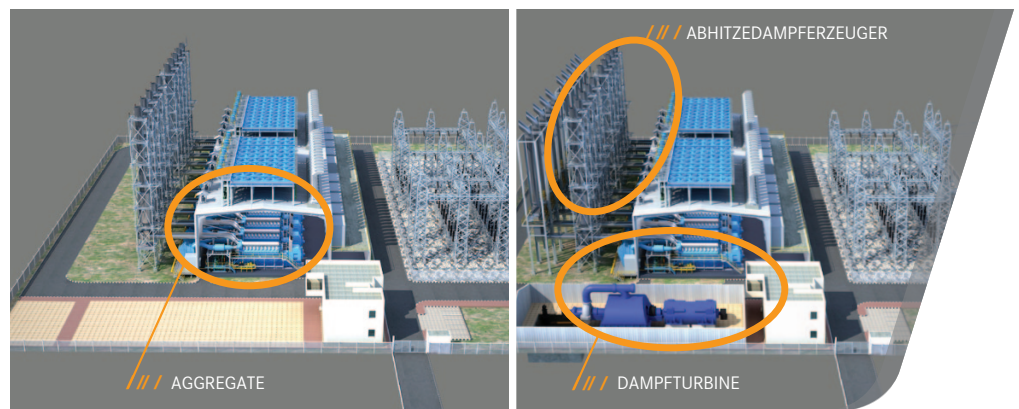


Abbildung 6:

Modulare Entwicklung in drei Stufen (1: fünf Aggregate; 2: zeitlich versetzt fünf weitere Aggregate; 3: Abhitzeesseln und Dampfturbine vervollständigen das Kombi-Kraftwerk)

(Bilder: Rolls-Royce Power Systems AG)

erforderliche Infrastruktur zu schaffen und die Verteilung zu ermöglichen.

Bis 2040 wird eine jährliche weltweite Gesamtwachstumsrate der Stromkapazität von 2,3 Prozent erwartet. Diese beinhaltet 3,5 Prozent Wachstum von kohlenstoffarmen und erneuerbaren Energien und ermöglicht so einen viel langsameren Kapazitätsanstieg von 1,5 Prozent bei den fossilen Brennstoffen. Diese Änderungen beinhalten auch eine Änderung in der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen hin zu Gas. Siehe hierzu Abbildung 7 (IEA, 2016). Der Leistungszuwachs in Asien außer China und Indien wird auf etwa 4,0 Prozent geschätzt und beinhaltet eine beeindruckende Wachstumsrate von 5,5 Prozent für kohlenstoffarme und erneuerbare Energien (IEA, 2016).

In vielen dieser Länder fehlen bisher eine flächendeckende Stromversorgung sowie eine landesweite Netzinfrastruktur. Dies macht es doppelt schwer, das Wachstum fluktuierender erneuerbarer Energien schneller voranzutreiben als das Gesamtwachstum der Stromkapazität. In diesen Fällen kann dezentrale Energieerzeugung aus erneuerbarer Energie in großem Stil abseits des Stromnetzes ein Weg sein, Verbraucher schnell mit Strom zu versorgen. Die Bereitstellung einer stabilen elektrischen Leistung und die zukünftige Integration in ein landesweites Netz müssen jedoch sorgfältig geplant werden.

Das Microgrid-Konzept ist ideal für die Kombination von Verbrennungsmotoren mit erneuerbaren Energiequellen, gestützt durch Batteriespeicher, geeignet. Mit einer derartigen Lösung lässt sich die Systemeffizienz steigern:

- 1) Wenn beispielsweise die Sonne scheint und die Solarmodule Strom produzieren, ist ein Betrieb der Generatoren mit fossilen Brennstoffen nicht erforderlich. Außerdem können die Batterien geladen werden. Hierdurch lassen sich Kraftstoffkosten, Emissionen und Wartungsbedarf der Generatoren reduzieren.
- 2) Wenn die Sonne nicht scheint, kann der Kunde eine zuverlässige Versorgung über alternative Energiequellen sicherstellen. Die Verbrennungsmotoren sind flexibel, können jederzeit mit Kraftstoff betrieben werden und sind nicht auf Tageslichtzeiten und Sonnenschein angewiesen. Kürzere Perioden können leicht durch Batteriespeicher überbrückt werden, ohne dass hierfür die Verbrennungsmotoren gestartet werden müssen.

Der Trend zu alternativen und nachhaltigen Energiequellen hat in den letzten Jahren zur weiten Verbreitung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen geführt. Sonnenenergie ist umweltfreundlich und unerschöpflich, allerdings weder konstant noch vorhersehbar verfügbar. Dunkelheit und Witterungsbedingungen können zu Schwankungen in der Energieversorgung führen.

Eine Lösung für dieses Problem bieten mit fossilen Brennstoffen betriebene Aggregate, die zuverlässig rund um die Uhr Energie liefern. Zusammen mit den Projektpartnern können RRPS und MTU Onsite Energy den Kunden auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Lösungen bieten, die die Vorteile von z.B. Photovoltaikanlagen, Batteriespeichern und Gaskraftwerken kombinieren und so ein zuverlässiges und nachhaltiges System bilden.

Neben ihrem geringen Platzbedarf werden Aggregate mit Verbrennungsmotor in Microgrids auch für ihre Fähigkeit, schnell hochzufahren, geschätzt. Diese schnelle Verfügbarkeit minimiert oder verhindert nicht nur Stromausfälle, sondern trägt auch zur Optimierung eines solchen dezentralen Netzes bei. Dabei bezieht sich Optimierung auf die Fähigkeit einer modernen Microgrid-Steuerung, die unterschiedlichen Ressourcen des Microgrids so zu nutzen, dass die bestmögliche Wirtschaftlichkeit erzielt wird. Die auch als "Gehirn" des Microgrids bezeichnete Steuerung ist eine Software, die alle Ressourcen des Microgrids managt und die Trennung und Verbindung mit dem zentralen Stromnetz regelt. Die Steuerung berechnet ständig die beste oder optimale Mischung der Ressourcen für

das Microgrid. Als Basis dienen Energiepreise, Kraftstoffverfügbarkeit, Wetter und andere Faktoren. Da Verbrennungsmotoren schnell gestartet und abgeschaltet werden können und in der Regel über eine vorhandene Kraftstoffquelle verfügen, sind sie ein flexibles Werkzeug, das die Steuerung nutzen kann. So kann das Aggregat schnell gestartet werden, wenn die Energieerzeugung mittels Sonnen- oder Windkraft plötzlich nachlässt. Darüber hinaus können mit dem Aggregat Spitzenlasten abgefedert oder die Nachfrage zu anderen Zeiten gesteuert werden (Microgrid Knowledge, 2016).

Unabhängig von den Steigerungsraten ist klar, dass die Leistung aus fluktuierenden, erneuerbaren Energien zunehmen wird. Als Faustregel gilt, dass aus wirtschaftlicher und betrieblicher Sicht eine Grenze für den maximalen Leistungsanteil existiert, der durch fluktuierende, erneuerbare Energien zur Verfügung gestellt werden kann und dass diese Grenze in etwa dem Leistungsfaktor (durchschnittlich erzielbare Leistung bezogen auf die Nennleistung) entspricht (Jenkins, 2015). Diese angenommene, maximale wirtschaftliche und technische Grenze wird derzeit umfassend diskutiert; die Auswirkungen der Kapazität aus fluktuieren-

den erneuerbaren Energien werden bei einer wesentlich geringeren Durchdringung jedoch bereits jetzt in Netzwerken weltweit spürbar.

Es wird erwartet, dass die Flexibilität der Gasmotorentechnologie eine wesentlich größere Rolle bei der Aufrechterhaltung der Netzstabilität spielen wird. Der Übergang von großen, zentralen Spitzenlastkraftwerken und Gasturbinen zu kleineren Einheiten legt für die Zukunft mehr motorbasierte Kraftwerke nahe.

Die Erwartung einer steigenden Nachfrage nach Flexibilität und Effizienz, geringeren Emissionen und niedrigeren Kosten wird die technischen Anforderungen an die Gasmotorentechnologie weiter steigern.

Eine Flexibilisierung der Stromversorgung zur Integration mehr erneuerbarer Energien aus Wind und Sonne scheint oberste Priorität zu haben und derzeit am wichtigsten zu sein. Außerdem ist die Stromnachfrage weniger stabil als bisher, sondern zunehmend durch Nachfragespitzen geprägt. Um diese Spitzen so präzise wie möglich bedienen zu können, ist eine schnelle und flexible Stromerzeugung erforderlich. Genau dies leisten Verbrennungsmotoren.

ABB. 7 // PROGNOSE DES WELTWEITEN LEISTUNGSZUWACHSES UND DER ANTEILIGEN ENTWICKLUNG

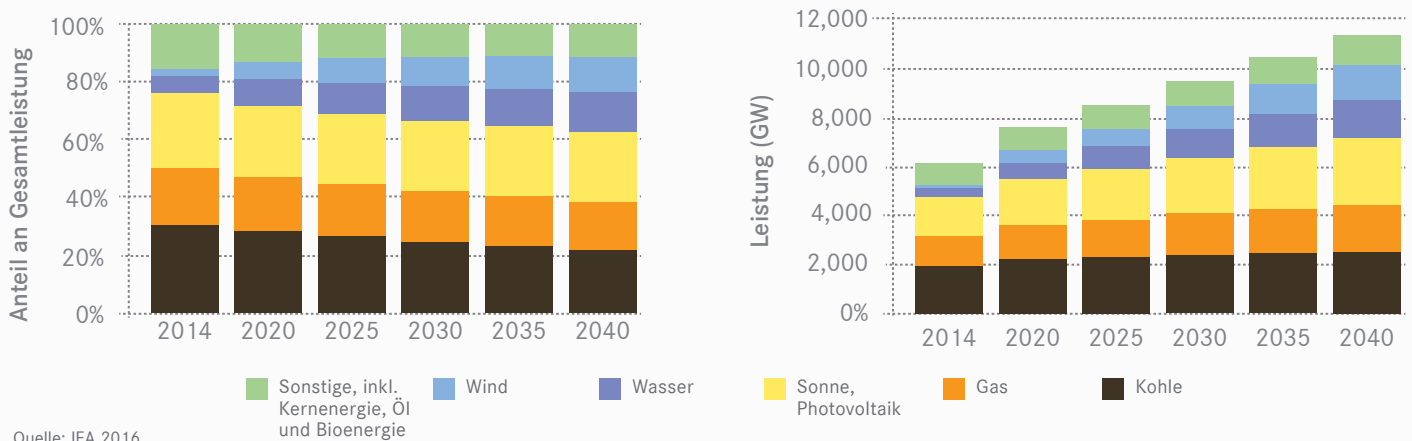
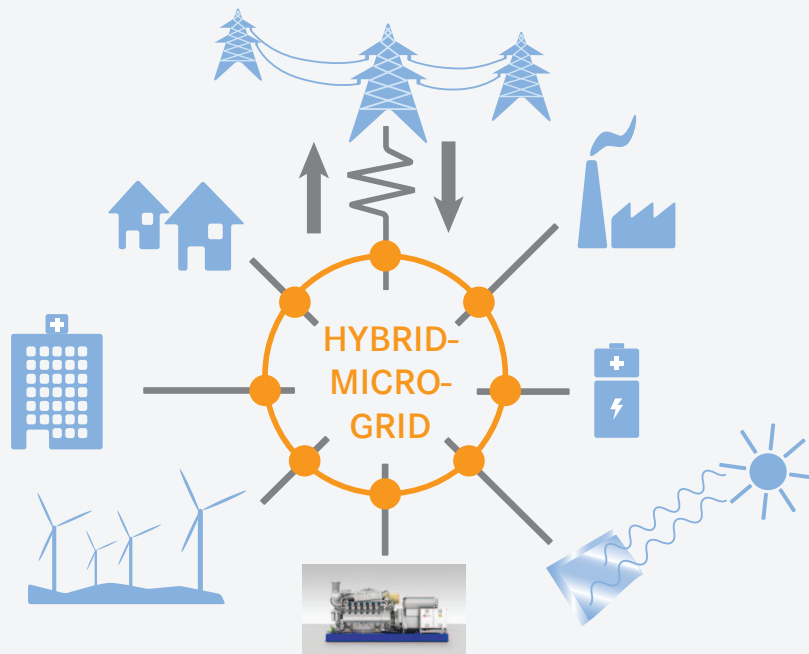


ABB. 8 //
**MICROGRIDS SIND
 DEZENTRALE STROM-
 VERSORUNGSSYSTEME
 MIT LOKALER STROM-
 ERZEUGUNG**



SCHLUSSFOLGERUNGEN

Gemäß der Politik der aktuellen Regierungen wird in der Region Asien/China/Indien im kommenden Vierteljahrhundert ein schnelles und nachhaltiges Wachstum der gesamten Stromerzeugungskapazität stattfinden. Fluktuierende, erneuerbare Energien wie Wind- und Sonnenenergie werden dabei einen zunehmend größeren Anteil der Kapazität stellen. Die Einbeziehung fluktuierender erneuerbarer Energie in großem Umfang kann zu einer Verschlechterung der Netzwerkstabilität führen, da die von ihnen bereitgestellte Leistung und die Stromnachfrage nicht deckungsgleich sind. Der bei der Stabilisierung der regionalen Netze und der Reduzierung von Frequenzabweichungen erzielte Fortschritt ist bedroht, sofern keine geeignete Regelleistung im Netz vorhanden ist, die die durch die fluktuierenden erneuerbaren Energien (EE) bedingte Instabilität ausgleicht.

Die Charakteristika der Regelleistung sind in den Netzanschlussregeln der entwickelten Volkswirtschaften umfassend definiert. Es ist zu erwarten, dass ähnliche Anforderungen im Rahmen ihrer Entwicklung auch für

Netzanschlussregeln in der Region Asien/China/Indien definiert werden. Um die erforderlichen Energieflüsse bewältigen zu können, die fluktuierende EE erzeugen, sind auch umfassende Investitionen in Übertragungs- und Verteilungsnetze erforderlich. Diese sind bekannt, müssen jedoch als Teil eines Erweiterungs- und Verbesserungsprogramms sorgfältig geplant werden.

Zur Erzeugung von Regelleistung ist Gas gut geeignet. In den nächsten Jahren wird die Region jedoch zu einem bedeutenden Gasimporteure, da die Nachfrage schneller steigt als die Produktion. Um die gemeinsamen Ziele einer größeren geographischen Vielfalt der wirtschaftlichen Aktivitäten und einer Verringerung der Kohlenstoffintensität der Wirtschaft zu erreichen, muss neben einer verbesserten Stromnetz-Infrastruktur auch eine umfassende Gasinfrastruktur aufgebaut werden, um die fluktuierende EE zu den Industriezentren zu transportieren. Bei der dezentralen Energieerzeugung sind gasbasierte Regelkraftwerke in neuen Gewerbegebieten sinnvoll, wo sie die Auswirkungen der fluktu-

ierenden EE kompensieren können. Werden sie beispielsweise in Kombination mit Batterien zur Speicherung von Energie eingesetzt, entstehen hocheffiziente Microgrids. Solche Microgrids können darüber hinaus wesentlich schneller aufgebaut werden und sichern eine zuverlässige Energieversorgung dieser Gebiete, ohne dass Investitionen in langfristige und teure Netzwerkprojekte für Übertragung und Verteilung erforderlich werden.

Zur Erzeugung von gasbasierter Regelleistung bieten reine Gasmotoren eine Möglichkeit, schnell neue Kapazitäten in abgelegenen Gegenden zu schaffen. Durch die modulare Konstruktionsweise und ihren modularen Aufbau erleichtern Gasmotorkraftwerke die Harmonisierung von Finanzierung und Umsatzerlösen und liefern gleichzeitig die erforderliche Netzunterstützung. Durch ihr Start- und Stopverhalten sowie ihr Lastannahmeverhalten und die gute Niedriglastfähigkeit – sogar im Simple-Cycle-Betrieb – erfüllen diese Kraftwerke die Anforderungen der Region.

LITERATURVERZEICHNIS

- **(Unbekannt)**. Aus <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>
- **Central Electricity Regulatory Commission**. (März 2011). Notes for 15th CAC meeting - Grid Security: need for tightening frequency band and other measures. Neu-Delhi, Indien.
- **DGTW**. (Mai 2015). Diesel and Gas Turbine World 39th Power Generation Order Survey.
- **ENTSO-E**. (28. Juni 2013). Supporting Document for the Network Code on Load-Frequency Control and Reserves. Heruntergeladen von ENTSO-E unter www.entsoe.eu am 15. Mai 2015
- **IEA**. (2016). World Energy Outlook. IEA.
- **ITA**. (6. Mai 2008). World oil, gas, and products pipelines. Heruntergeladen von Theodora.com unter http://www.theodora.com/pipelines/world_oil_gas_and_products_pipelines.html am 2. Juni 2015
- **Jenkins, J.** (28. Mai 2015). Grid Constraints on Renewable Energy. Heruntergeladen von The Energy Collective unter <http://theenergycollective.com/jessejenkins/2233311> am 16. Juni 2015
- **Kräutle, Maximilian**, Sales Manager MTU Onsite Energy (Juli 2016). White Paper "Hybride Kraftwerke". http://www.mtuonsiteenergy.com/fileadmin/fm-dam/mtu-oe/technical-info/white-papers/10_077_56_11D_MTU_OE_Hybride_Kraftwerke_2016_WEB.pdf
- **Microgrid Knowledge**. (2016). Reciprocating Engine Generators and Microgrids: The Last Defense Against a Power Outage. Heruntergeladen von www.fairbanksmorse.com
- **NOAA**. National Geophysical Data Centre. Heruntergeladen am 5. Juni 2015 vom National Oceanic and Atmospheric Centre unter http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/dmsp_gcv4/
- **POWERGEN Asia 2015**, Bangkok, Thailand. ID number 26057, Track 2 Flexibility, Gas based modular power stations in a diverse and growing power generation market place.
- **Power Grid Corporation of India**. (2011). Transmission Plan for Envisaged Renewable capacity.
- **Soonee, S. K.** (27. Juni 2014). Minutes of the 41st Forum of Regulators, Annex II. Neu-Delhi, Indien.

MTU Onsite Energy

A Rolls-Royce Power Systems Company

www.mtuonsiteenergy.com



MTU Onsite Energy ist eine Marke der Rolls-Royce Power Systems AG. Das Portfolio von MTU Onsite Energy umfasst Systemlösungen zur Energieversorgung auf Basis von Diesel- und Gasmotoren: von Anlagen für Notstrom-, Grund- und Spitzenlastversorgung bis hin zu leistungsfähigen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Die Stromerzeugungsanlagen von MTU Onsite Energy basieren auf Dieselmotoren mit Leistungen bis 3.250 Kilowatt elektrisch sowie Gasmotoren bis 2.530 Kilowatt.

