

RÜSTEN FÜR DEN WELTREKORD

In wenigen Tagen startet in der Nähe von Ingolstadt die größte jemals gebaute Gasturbine ihren Testlauf. Sie soll dem Kraftwerksblock 4 in Irsching zu einem elektrischen Wirkungsgrad von mehr als 60 Prozent verhelfen. Nirgendwo auf der Welt wurde diese Marke bisher erreicht.

HAILE GEBRSELIASSIE schaffte, was er angekündigt hatte: Beim diesjährigen Berlin-Marathon lief er die 42,195 Kilometer in Weltrekordzeit. Der Äthiopier verbesserte die alte Bestmarke um 29 Sekunden – oder 0,4 Prozent. Eine Million Zuschauer am Straßenrand und einige Hunderttausende vor den Fernsehschirmen sahen ihm dabei zu. Wenn Willibald Fischer, Hans-Otto Rohwer und ihr Team im bayerischen Irsching Ende 2011 wie geplant eine andere Höchstleistung um knapp zwei Prozentpunkte übertreffen, können sie auf solche Aufmerksamkeit nicht hoffen – was vernunftgeleitete außerirdische Intelligenzen wohl kaum verstehen würden. Denn Gebrselassies Rekord ist von keinem erkennbaren Nutzen für die Menschheit. Doch die zwei Prozentpunkte Leistungssteigerung von Irsching bedeuten: Allein dort gelangen pro Jahr 40000 Tonnen weniger Kohlendioxid in die Atmosphäre. Die Höchstleistung von Irsching wird sich dann auch anderswo wiederholen lassen und so dem Weltklima zugutekommen.

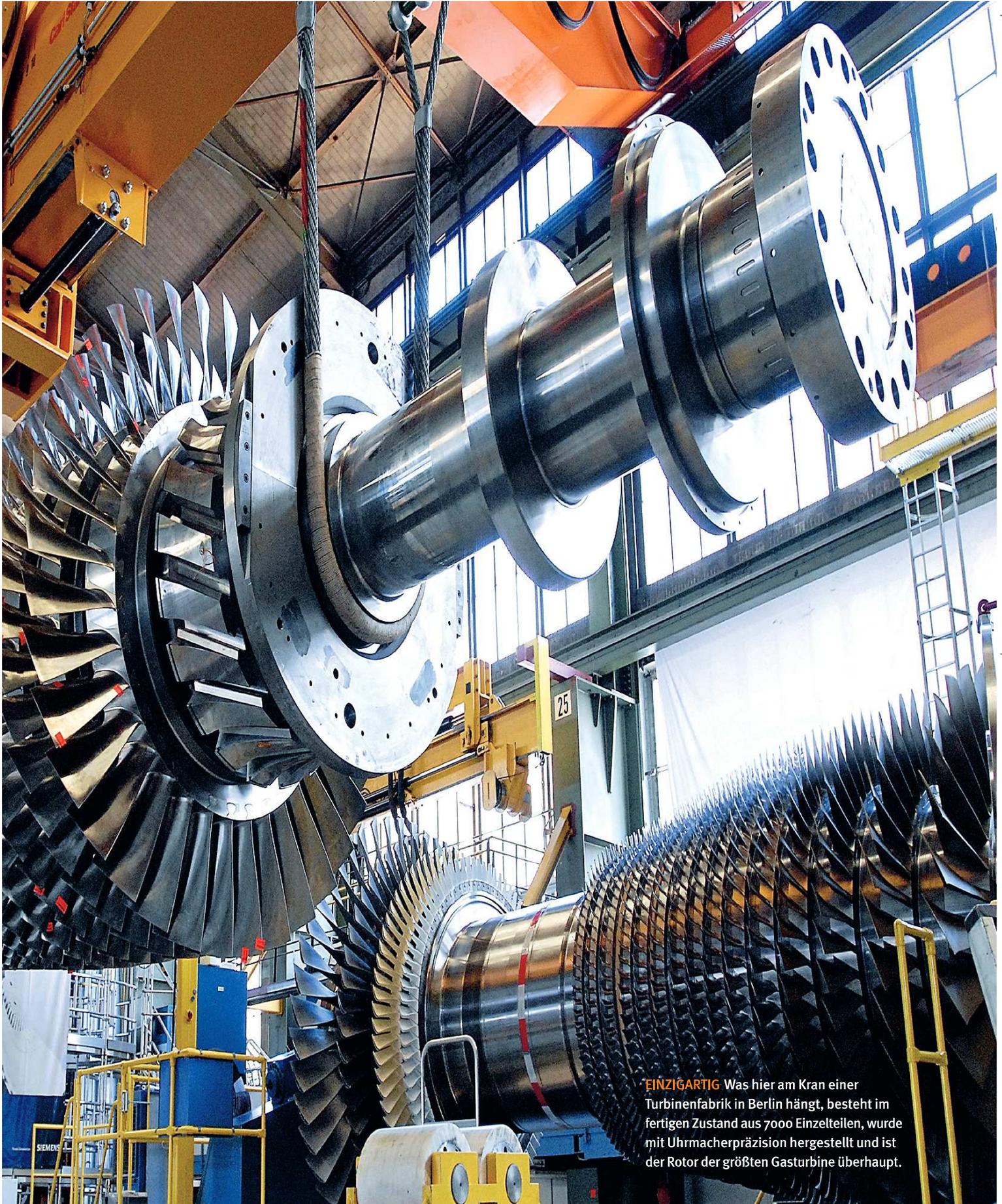
Irsching ist Standort für ein Kraftwerk und derzeit Teststand für eine Gasturbine, wie sie die Welt noch nicht gesehen hat: Sie ist

mit 13 Meter Länge und jeweils 5 Meter Höhe und Breite so groß wie ein Einfamilienhaus. Ihre Leistung von 340 Megawatt entspricht der von 13 Triebwerken eines Jumbo Jets und reicht aus, um die Bevölkerung einer Stadt wie Hamburg mit Strom zu versorgen. 250 Ingenieure vom Bereich Power Generation der Siemens AG haben den Kraftprotz in Deutschland und den USA entwickelt. 500 Mitarbeiter haben ihn im Turbinenwerk Berlin aus 7000 Einzelteilen zusammgebaut. Entwicklung, Bau und die gerade anlaufenden Tests werden am Ende 500 Millionen Euro verschlungen haben. Die neue Gasturbine SGT5-8000H soll als erste einem GuD-Kraftwerk (ausgeschrie-

KOMPAKT

- Die für das Kraftwerk im bayerischen Irsching entwickelte Gasturbine soll 2011 mit neuem Weltrekord-Wirkungsgrad ans Stromnetz gehen.
- Der Hersteller hat bisher rund 450 Gas- und Dampfkraftwerke gebaut. Irsching 4 ist das anspruchsvollste Projekt. Ein Ziel: 40 000 Jahrestonnen weniger CO₂.





EINZIGARTIG Was hier am Kran einer Turbinenfabrik in Berlin hängt, besteht im fertigen Zustand aus 7000 Einzelteilen, wurde mit Uhrmacherpräzision hergestellt und ist der Rotor der größten Gasturbine überhaupt.



ben: Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk) zu einem Wirkungsgrad von über 60 Prozent verhelfen – derzeitige Spitzenwerte liegen bei 58 bis 59 Prozent. Je höher diese magische Größe der Energieerzeugung ist, umso weniger Brennstoff benötigt man – und umso umweltfreundlicher werden Wärme und Strom erzeugt. Bei GuD-Kraftwerken verpuffen die heißen Abgase der Gasturbine nicht einfach, sondern werden genutzt, um Strom zu erzeugen. Die Abgase erhitzen einen Kessel, und der erzeugte Dampf treibt eine Dampfturbine an. Daher arbeiten GuD-Kraftwerke sehr effizient. Zum Vergleich: Der Wirkungsgrad eines modernen Kohlekraftwerks liegt bei rund 43 Prozent für Braunkohle und 46 Prozent für Steinkohle.

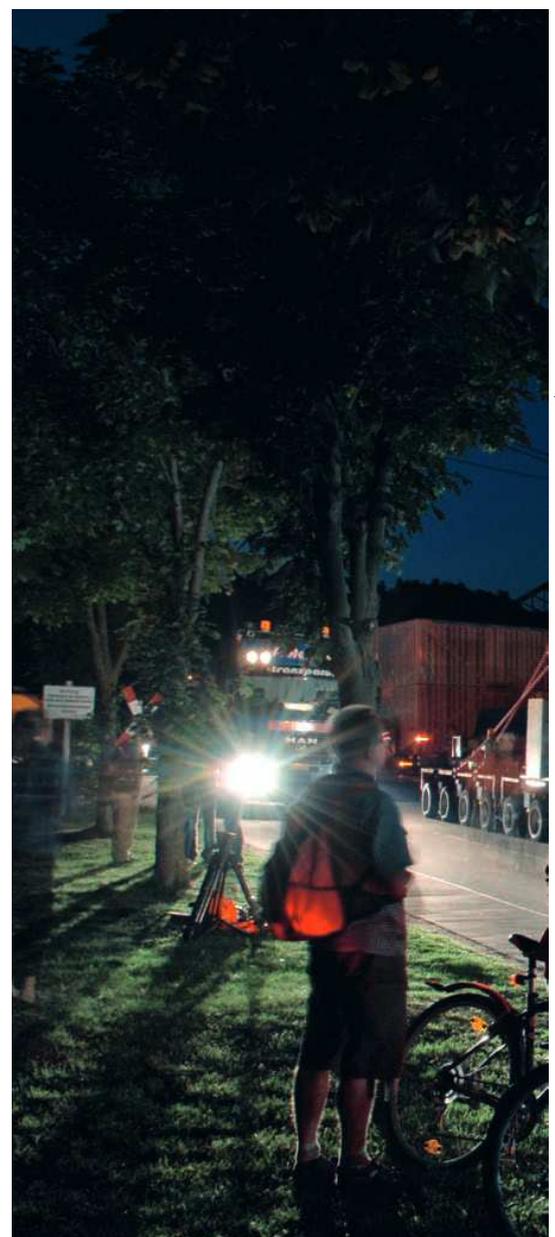
NICHTS FÜR SCHWACHE NERVEN

Die erste Etappe auf dem Weg zum 60-Prozent-Rekord haben die Kraftwerkbauer im Mai hinter sich gebracht: den Transport der Turbine von Berlin nach Irsching. Auf dem Binnenschiff „Rügen“ erreichte der 440 Tonnen schwere Koloss nach 18 Tagen Fahrt den Donauhafen Kelheim. Dort erwartete ihn ein riesiger Spezialkran zum Umladen. Denn die letzten Kilometer der Reise musste die Turbine per Schwertransporter zurücklegen, weil Irsching zwar an der Donau liegt, der Fluss dort aber nicht mehr schiffbar ist. Der Konvoi fuhr über Brücken, die zuvor statisch überprüft und gegebenenfalls verstärkt worden waren. Weil er auch

zwei Bahnübergänge überquerte, wurden Oberleitungen vorübergehend gekappt oder höher gehängt. Nach sechs langen Nächten für knapp 50 Kilometer erreichte die Gasturbine schließlich ihren Bestimmungsort. Was schon beim Transport gefragt war, wird in den nächsten Wochen zu einer unverzichtbaren Tugend: Präzision und Nervenstärke. Wenn die Gasturbine ihren Testbetrieb aufnimmt, werden in ihrem Inneren 3000 Sensoren Temperaturen, Drücke, thermische Verformungen, Durchflussgeschwindigkeiten und die chemische Zusammensetzung der Gase ermitteln. „Dann wird sich herausstellen, ob im Betrieb tatsächlich die Werte erreicht werden, die wir simuliert und berechnet haben“, sagt Willibald Fischer, Programm-Manager für die Turbine. Und er zählt auf, worin die Tücken der Praxis zum Beispiel bestehen könnten: überhitzte Turbinenschaufeln, zu starke Schwingungen an einzelnen Komponenten, unerwartete Strömungen. Kommt es dazu, muss man eben Gegenmaßnahmen einleiten, ergänzt Fischers Kollege Hans-Otto Rohwer, Leiter des Irsching-Projekts. „Das heißt im Extremfall: Bevor wir die Maschine kaputt fahren, müssen wir sie abschalten.“ Beunruhigt wirkt der Siemens-Ingenieur bei diesen Worten nicht.

Selbst im planmäßigen Betrieb zeren an jedem Quadratzentimeter Schaufel Kräfte, die denen des Gewichts eines Mittelklasse-

SCHAULUSTIG Ein 650 Tonnen schweres Fahrzeug, 5 Meter breit und 6 Meter hoch – so etwas sieht man nicht alle Tage. Kein Wunder, dass für den Transport nicht nur der Verkehr gestoppt, Brücken verstärkt und Oberleitungen abgenommen werden mussten. Auch herbeigeradelte Passanten sorgten immer wieder für Stress, weil sie natürlich so nah wie möglich dabei sein wollten.



Siemens (oben links)



ENERGIE

REISELUSTIG Im Berliner Westhafen (ganz links) wurde die Superturbine auf das Binnenschiff Rügen gehievt und über Havel, Rhein, Main und diverse Kanäle zum Donauhafen in Kelheim gebracht (Mitte). Im Schnecken tempo, aber dafür höchst präzise, ging es dann in sechs Nächten über bayerische Straßen: Jede Achse des Transportfahrzeugs wurde einzeln angesteuert.



ENERGIE

PKW entsprechen. Denn die Welle im Zentrum der Gasturbine muss sich in der Minute 3000 Mal drehen, um über den angekoppelten Generator Strom mit der in Europa üblichen Netzfrequenz zu erzeugen. Je größer die Schaufeln an dieser Welle, umso schneller bewegen sich die Spitzen der Schaufeln und umso größer sind die Fliehkräfte. Beim Irschinger Exemplar erreichen die Spitzen der längsten Schaufeln Schallgeschwindigkeit. Wenn die Turbine angeheizt wird, verändert sich mit der steigenden Temperatur der Abstand der Schaufelspitzen zum Gehäuse um einige Millimeter – genug, dass die zwei Zehntel Prozentpunkte an Wirkungsgrad verloren gehen können. Während der Testphase wird daher auch ermittelt, wie weit man bei Volllast die Welle verschieben muss, um den Spalt zwischen den Schaufelspitzen und dem Gehäuse möglichst klein zu machen. Entsprechend wird eine Hydraulik eingestellt, mit der sich später während des Betriebs die Spaltbreite regulieren lässt.

1500 GRAD STEHEN AM ANFANG

Etwa eineinhalb Jahre lang wird die Gasturbine solo getestet. Anschließend entfernen Fachleute die Sensoren und erweitern die Anlage zum GuD-Kraftwerk. Der so entstandene Block 4 des Kraftwerkes Irsching mit einer Leistung von 530 MW soll dann im Jahr 2011 an den Düsseldorfer Energie-Multi E.ON übergeben werden. Gleich neben Nummer 4 wachsen aus der Baugrube zwei weitere Kraftwerksblöcke, die mit Erdgas befeuert werden. Dieser Doppelblock 5 wird bereits deutlich früher – 2009 – den Routinebetrieb aufnehmen. Denn er



GIGANTISCH Von Mitarbeitern kritisch beäugt (links unten) – eine Gasturbine, die 440 Tonnen wiegt und 340 Megawatt leistet. Damit ist sie so stark wie ganze 13 Jumbo-Triebwerke zusammen.



wird mit zwei ausgetesteten Serienturbinen geringerer Leistung bestückt – und nicht mit einem Prototypen – und den Strom deshalb mit einem etwas geringeren Wirkungsgrad erzeugen. „Doppelblock 5 ist die Gegenwart, Block 4 die Zukunft“, sagt Programm-Manager Fischer.

Der unmittelbare Vergleich offenbart den entscheidenden Kniff, mit dem die Siemens-Experten den Rekord erzielen wollen: Sie haben die Feuerungstemperatur – die Eingangstemperatur des brennenden Gases – im Block

4 um 80 bis 100 Grad Celsius auf fast 1500 Grad erhöht. Dass sich damit prinzipiell der Wirkungsgrad erhöhen lässt, ist seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bekannt. Damals stellten der Franzose Sadi Carnot und der Heilbronner Arzt Robert Mayer eine simple Formel auf, nach der der theoretische Wirkungsgrad einer Kraftmaschine von der Differenz zwischen Eingangstemperatur und Ausgangstemperatur abhängt. Das Problem: Mit zunehmender Höllehitze werden die Ansprüche an die Materialien in der Turbine immer gewaltiger.



INGENIÖS Das Kraftwerk Irsching ist für Willibald Fischer (links) und Hans-Otto Rohwer ein Meilenstein ihres Berufslebens. Programm-Manager Fischer beschäftigt sich seit Jahren mit der Realisation der größten Gasturbine der Welt. Den Neuausbau des ganzen Kraftwerks verantwortet Gesamtprojektleiter Rohwer. Nach Fertigstellung von Irsching 4 und 5 stehen dort gut 1300 Megawatt Stromerzeugungskapazität mehr als heute zur Verfügung.

„DIE GUTEN KÖPFE HALTEN“



Dr. **WILLI FUCHS** ist Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure. Er will Deutschland wieder zum führenden Technologiestandort machen.

Herr Fuchs, fehlt dem Ingenieur-Beruf der Sex-Appeal?

Nein, das ist ein Vermittlungsproblem. Jugendlichen wird nicht gezeigt, wie spannend Technikberufe sind. Dabei hat jeder ständig mit Technik zu tun. Spätestens mit zehn hat man ein Handy und einen DVD-Recorder. Doch keiner weiß, wie interessant es ist, das selbst zu entwickeln.

Trotz der Faszination des Fachs ist die Studienabbrecherquote sehr hoch. Ist die Ausbildung einfach zu öde?

Da gibt es sicherlich Verbesserungsmöglichkeiten. Die Universitäten müssen sich anstrengen, nicht nur die theoretisch-technische Seite zu vermitteln, sondern auch aufzuzeigen, in welchen Bereichen man später damit arbeiten kann. Andererseits ist das Studium sehr anspruchsvoll. Viele Studenten scheitern, weil sie aus der Schule nicht die nötigen Voraussetzungen mitbringen.

Müssen auch die Betriebe etwas ändern?

Die Betriebe haben erkannt, dass sie sich um den Nachwuchs bemühen müssen. Vor 15 Jahren haben die Unternehmen Signale ausgesendet, dass sie keine Ingenieure brauchen. Daraufhin sind die Studienanfängerzahlen deutlich zurückgegangen. Dies darf nicht wieder passieren, denn davon haben wir uns bis heute nicht erholt.

Viele Studierende stammen aus Asien.

Werden sie die besseren Ingenieure?

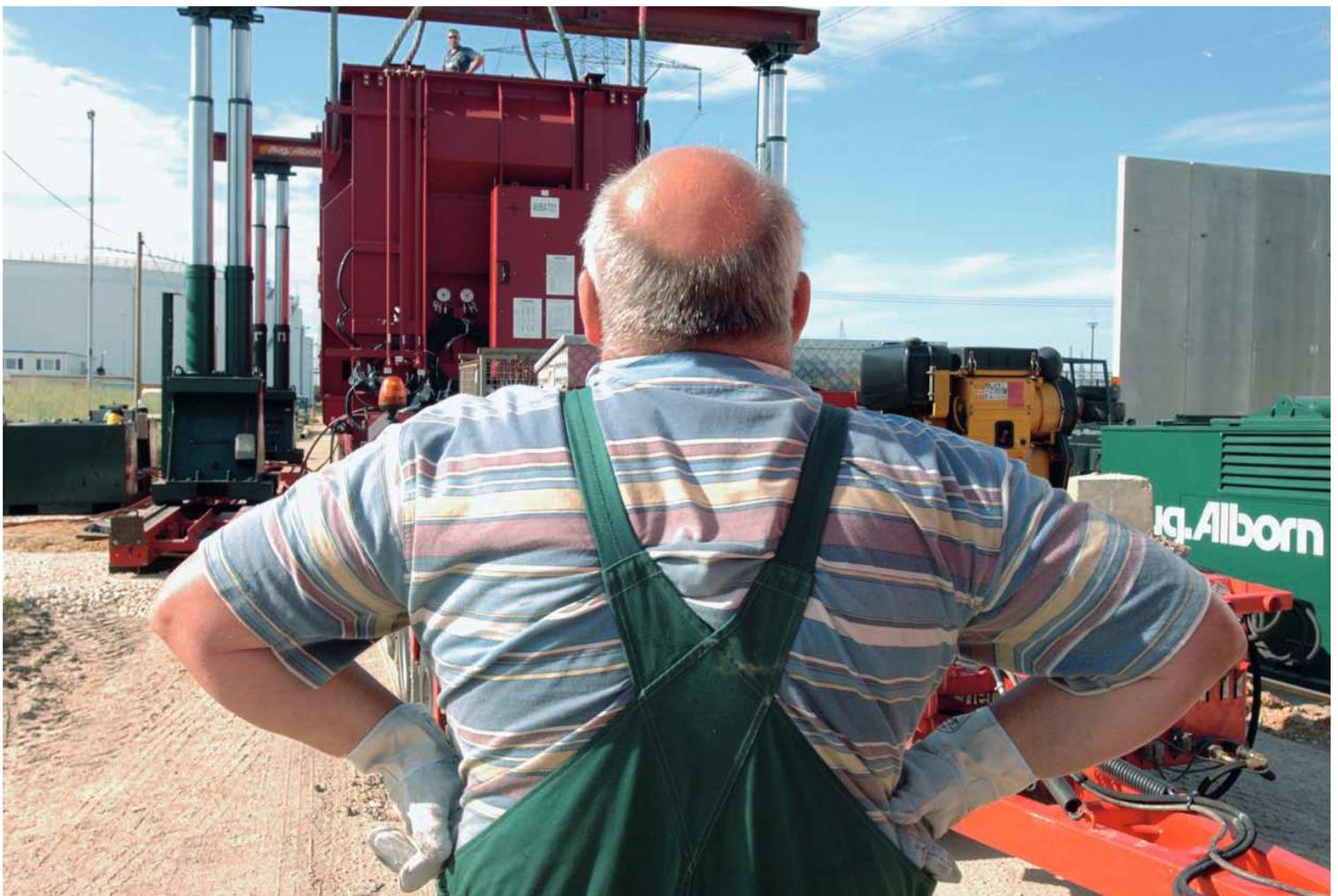
Um ein guter Ingenieur zu werden, sind Engagement und Kompetenz Grundvoraussetzung. Dass viele Ausländer zum Studium zu uns kommen, zeigt natürlich, wie gut der Ruf der Ingenieurausbildung in Deutschland ist. Es wird diesen Menschen aber schwer gemacht, nach dem Studium auch hier zu arbeiten. Wir müssen sehen, dass wir die guten Köpfe im Land halten.

ENERGIE



Zwar bestehen die Gasturbinenschaufeln im Block 4 hauptsächlich aus dem gleichen Werkstoff wie im Block 5. Die verwendete sogenannte Nickelbasislegierung ist nach dem Guss durch eine raffinierte Steuerung des Abkühlprozesses zu einem einzigen Kristall erstarrt: In dieser Form bringt sie der späteren Beanspruchung den meisten Widerstand entgegen. Doch die keramischen Schutzschichten, mit denen die Schaufeln überzogen sind, unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrer Dicke und ihrem Vermögen, die Wärme zu dämmen. Details dazu sind ein gut gehütetes Firmengeheimnis. Die Ingenieure haben zudem die trickreiche Kühltechnik weiter verbessert, die dafür sorgt, dass die Schaufeln auch bei Extremtemperaturen nicht aus der Fassung geraten. Ein ausgeklügeltes Höhlensystem im Miniatur-

WUCHTIG Auf die Gasturbine folgte der Transformator. Er wiegt mit 300 Tonnen etwas weniger als die Gasturbine, erforderte gleichwohl eine ähnlich austarierte Logistik. Der Transformator sorgt dafür, dass der im Generator erzeugte Strom auf bis zu 380 000 Volt hochgespannt und dadurch verlustarm übertragen werden kann.





FINGERFERTIG Bei der Platzierung des Generators sind Tatkraft und Geschick erforderlich. Der „Riesendynamo“ wird beim späteren Betrieb von der Vorderseite genau wie von der Rückseite angetrieben. Klar, dass bei den dann wirkenden Kräften alles aufs Feinste austariert sein muss. Bei allem High-Tech: Das gute alte Lot kommt immer noch zu Ehren.

maßstab, durch das kalte Luft gepresst wird, durchzieht jede Turbinenschaufel, die unter starkem Hitzestress steht. Die Zahl der feinen, per Laser gebohrten Löcher, aus denen die Luft austritt, wurde noch einmal erhöht. „Die Luft legt sich dann wie ein Film über die Oberfläche der Schaufel“, sagt Willibald Fischer.

Doch die aufwendig entwickelten und – verglichen mit herkömmlichen Kohlekraftwerken – klimafreundlichen Wunderwerke von Irsching werden nicht rund um die Uhr im Einsatz sein. Sie springen wohl nur dann ein, wenn der Strombedarf zu bestimmten Zeiten über die Grundlast hinausgeht. Der Grund dafür ist ebenso einfach wie für Klimaschützer desillusionierend: Erdgas ist – bezogen auf den gleichen Energiegehalt – mehr als doppelt so teuer wie Steinkohle. Um den bestehenden Strombedarf zu decken, werden aber immer zunächst die Kraftwerke mit den niedrigsten variablen Kosten eingesetzt – in Deutschland sind das neben den Kohle- die Kernkraftwerke, deren Brennstoff konkurrenzlos günstig ist. Gasturbinen lassen sich innerhalb von Minuten anfahren, weshalb sie die idealen Kandidaten für die Spitzenlast sind.



DEUTSCHE STROMVERSORGER BLOCKTEN

Die nahe liegende Idee, Kohle zu vergasen, um mit ihr GuD-Kraftwerke zu betreiben, stößt in der Praxis an Grenzen: Zum einen ist die Vergasung energieaufwendig und verschlechtert damit die Bilanz bei Effizienz und Umweltfreundlichkeit. Zum anderen entstehen bei der Kohlevergasung Asche und chemische Verbindungen, die aus dem heißen Gasstrom abgeschieden werden müssen, damit sie die Schaufeln der Gasturbine nicht zerstören – ein großtechnisch



ENERGIE

schwieriger Vorgang. Weltweit wurden bisher etwa 20 Pilotanlagen gebaut. Experten schätzen, dass Kraftwerke dieses Typs etwa 2020 marktreif sind. GuD-Kraftwerke dagegen sind in allen Regionen der Welt mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 600 000 Megawatt im Einsatz. 450 Anlagen hat allein Siemens bis heute verkauft. In Deutschland waren die großen Energieversorgungsunternehmen beim Bestellen lange sehr zurückhaltend. Sie begründeten dies zumeist damit, dass die künftige Preisentwicklung beim Erdgas schwer vorhersehbar sei und dass sich die Abhängigkeit von Erdgas produzierenden Ländern ver-

stärke. Derzeit allerdings werden in Deutschland gleich sechs große GuD-Kraftwerke fertiggestellt – sicher auch eine Folge davon, dass der Staat auf die Erdgassteuer verzichtet, wenn der Wirkungsgrad über 57,5 Prozent liegt.

Selbst Organisationen, die den vehementen Ausbau erneuerbarer Energien fordern, finden diese Technologie akzeptabel. „Schließlich sind mit Erdgas befeuerte GuD-Kraftwerke für eine Übergangszeit von rund 30 Jahren notwendig, bis auch diese Kraftwerke durch erneuerbare Energien und den verringerten Stromverbrauch ersetzt werden“, heißt es in einer Stellungnahme des BUND. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt schätzt, dass trotz aller Anstrengungen, die Nutzung emissionsfreier Energien zu forcieren, in Deutschland 2020 nur 27 Prozent des Stroms aus solchen Quellen stammen werden. Ohne fossile Brennstoffe wird man also nicht auskommen. Und dann ist es für das Klima allemal besser, auf Erdgas befeuerte GuD-Kraftwerke zu setzen, die pro erzeugter Kilowattstunde Strom nur rund ein Drittel so viel Kohlendioxid ausstoßen wie herkömmliche Braunkohlekraftwerke. Hinzu kommt, dass GuD-Kraftwerke sehr gut geeignet sind, die schwankende Stromproduktion aus Windkraft auszugleichen.

DIE REKORDJAGD GEHT WEITER

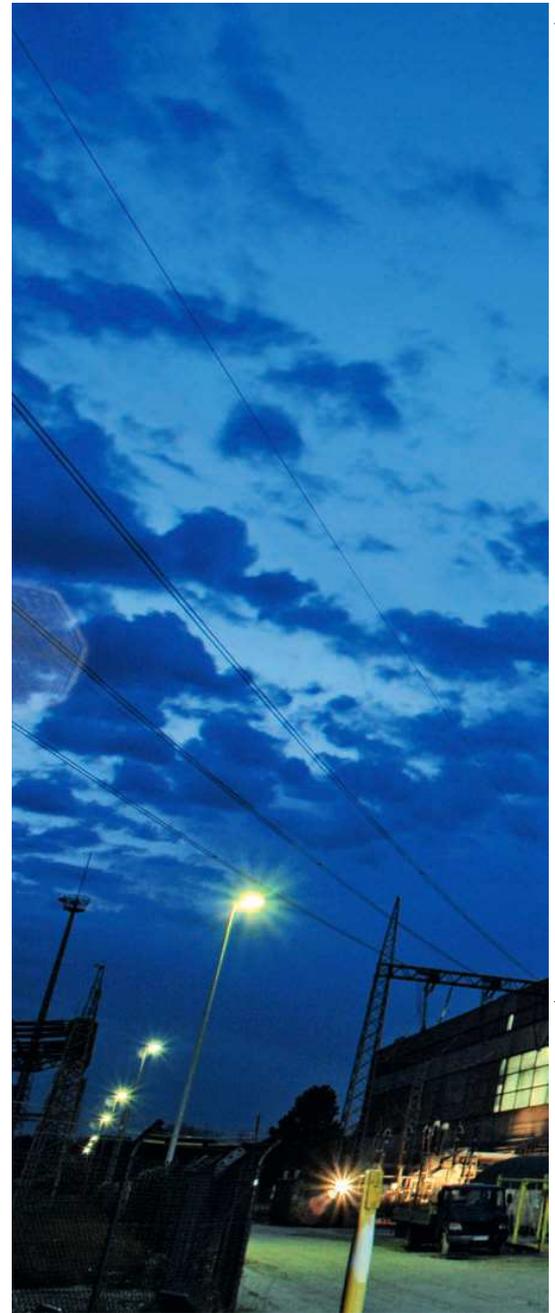
1992 lag der Wirkungsgrad-Rekord für GuD-Kraftwerke noch bei rund 52 Prozent. Die nun angepeilte Steigerung der seit 2001 bestehenden Bestmarke von 58 auf über 60 Prozent

IRSCHING 1,2,3...

Die Blöcke 1, 2 und 3 des Kraftwerks Irsching, das von E.ON betrieben wird, entstanden in der Zeit zwischen 1966 und 1975. Als Brennstoff war zunächst nur schweres Heizöl vorgesehen. Inzwischen sind die Dampferzeuger aller drei Blöcke mit schadstoffarmen Brennern ausgerüstet und können wahlweise mit Erdgas oder leichtem Heizöl befeuert werden. Seit 1995 befinden sich die Blöcke 1 und 2 nur noch in eingeschränkter Betriebsbereitschaft. Block 3 mit einer Leistung von 415 Megawatt kommt wegen hoher Preise für beide Energieträger nur als Spitzen- und Reserve-

lastkraftwerk zum Einsatz. Weil Erdgas-Pipelines existieren, das Hochspannungsnetz sehr gut ausgebaut ist und es im Bundesland Bayern in der Region zwischen München und Nürnberg einen entsprechenden Strombedarf gibt, fiel die Wahl auf Irsching als Standort für die neuen hocheffizienten Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerksblöcke 4 und 5. Nach ihrem kompletten Ausbau haben sie gemeinsam eine elektrische Leistung von 1375 Megawatt – das würde theoretisch ausreichen, um rund 2,5 Millionen Haushalte mit Strom zu versorgen.

LUFTIG Ende des Jahres beginnt der Gasturbinen-Testlauf. Im späteren Gas- und Dampfturbinen-Betrieb lässt man die heißen Abgase der Gasturbine nicht einfach entweichen, sondern nutzt sie für die Dampfturbine. Der 83-Meter-Schornstein – hier von einem Spezialkran aufgebaut – kann dann verschwinden.





UMWELTFREUNDLICH Der gewaltige Strombedarf Deutschlands kann auf Jahre hinaus nicht von regenerativen Erzeugern alleine gedeckt werden. Deshalb lohnt es sich, Kohle- oder Gaskraftwerke umzurüsten. Die neuen Blöcke am Standort Irsching setzen Maßstäbe. Allein durch Kraftwerksblock 4 können pro Jahr 40 000 Tonnen CO₂ vermieden werden. Das ist so viel, wie knapp 10 000 VW-Golf mit einer Jahreslaufleistung von je 20 000 Kilometer ausstoßen.

bedeutet allein für Irsching 4: Ohne dass dort ein einziges Kilogramm Kohlendioxid mehr in die Luft gerät, kann zusätzlicher Strom in einer Menge erzeugt werden, die der maximalen Produktion des weltgrößten Solarzellenkraftwerks in Spanien entspricht. „Die GuD-Technik ist weit fortgeschritten, aber noch lange nicht ausgereizt“, sagt Wolf-Dietrich Krueger, Leiter des Geschäftszweigs Gasturbinen bei Siemens Power Generation.

Im Kócher haben die Ingenieure beispielsweise Beschichtungen mit Nanometer kleinen Strukturen. Sie sollen verhindern, dass sich im Verdichter Staubpartikel und andere Verunreinigungen festsetzen, die den Wirkungsgrad verringern und deshalb regelmä-

ßig entfernt werden müssen. Noch sind die Nanobeschichtungen in der Entwicklung. Gleiches gilt für Keramiken, die als Schaufelmaterial den 1500 Grad Celsius heißen Gasen ohne Luftkühlung widerstehen können. Bisher jedoch sind sie zu spröde und vertragen auch nicht die schnellen Temperaturwechsel beim Anfahren der Gasturbine. „Zwei Prozentpunkte mehr sind in den nächsten 10 bis 15 Jahren noch drin“, sagt Hans-Otto Rohwer. Die Ingenieure können dieses Ziel wohl nur erreichen, wenn sie von der chemischen Forschung unterstützt werden. Möglicherweise könnte auch Marathon-Mann Gebrselassie mit solcher Hilfe noch schneller laufen – ist aber gut beraten, darauf zu verzichten.



BERND MÜLLER ist selbstständiger Fotograf in Augsburg und häufig gebuchter bdw-Fotoreporter. Er begleitete den Transport und Einbau der leistungsstärksten Gasturbine der Welt über mehrere Monate. Die Texte stammen von FRANK FRICK, WOLFGANG KEMPKENS und WOLFGANG HESS.

MEHR ZUM THEMA

FERNSEHEN

Einen Film über das Weltrekordkraftwerk zeigt das 3Sat-Wissensmagazin „nano“ am Donnerstag, 29. November, 18. 30 Uhr. Weitere Sendetermine: www.3sat.de/nano

