

Schwimmende Atomkraftwerke klingen nach Zukunftsmusik. Doch China will bis zu 20 davon konstruieren. Die kleinen Reaktoren mit höchstens 100 Megawatt (MW) Leistung sollen an Land in Werften gebaut und dann auf Pontons installiert werden, die von Schleppern in abgelegene Meeresregionen gezogen werden können. Das Projekt werde einer „sorgfältigen und wissenschaftlichen Machbarkeitsstudie unterzogen“, sagte Xu Dazhe, Vorsitzender der chinesischen Atomenergiebehörde. Der Bau des ersten schwimmenden Reaktors werde 2017 beginnen, schätzt der britische Nuklearexperte Tony Roulstone, zur Zeit Gastprofessor für Atom-Ingenieurwesen an der City University of Hong Kong. Ab 2020 könne dieser Strom liefern.

China gehört zu den Ländern, die trotz der Katastrophe von Fukushima die Atomkraft ausbauen. Derzeit laufen dort insgesamt 33 Atomreaktoren mit einer installierten Gesamtkapazität von 28,8 Gigawatt (GW). 22 weitere Reaktoren sind im Bau. Einer von diesen, Changjiang 2 auf der Insel Hainan, wurde am 20. Juni ans Netz angeschlossen. Fangchenggang 2 in der südlichen Inlandsprovinz Guangxi hinkt kaum hinterher: Dort wurde Anfang Juni der Reaktordruckbehälter installiert. Chinas Atomplan von 2015 sieht vor, bis 2020 58 Atomreaktoren fertigzustellen. Bis 2030 sollen weitere 100 hinzukommen. Dann würde China mehr Atomenergie generieren als jedes andere Land der Welt.

Bisher trägt Atomstrom magere 2,4 Prozent zu Chinas Strommix bei (2015) – deutlich weniger als der globale Durchschnitt von knapp elf Prozent. Dass dieser Anteil bis 2020 auf sechs Prozent wachsen soll, liegt auch daran, dass Atomenergie der Regierung Chinas als Teil der grünen Energien gilt. Sie wird in offiziellen Publikationen vielfach in einem Atemzug genannt mit Wasser- und Windkraft sowie Solarenergie. „Atomenergie ist entscheidend, damit unser Land seine Klimaverpflichtung einhalten kann“, betonte ein kürzlich ein Leitartikel des Parteiorgans China Daily. Zugleich baut China die Erneuerbaren Energien massiv aus. Laut dem unabhängigen World Nuclear Industry Status Report 2015 (WNISR2015) generiert China ebenso wie Deutschland, Japan, Brasilien oder Spanien mehr Elektrizität aus Erneuerbaren Energien – ohne die umstrittene Wasserkraft – als durch Atomkraft.

Enormes Wachstum Weltweit ist China trotzdem Spitzenreiter im Atom-Aufbau. Zwischen 2005 und 2015 fuhr das Land laut WNISR2015 so viele Reaktoren hoch wie Südkorea, Indien, Japan und Russland zusammen. Asien ist der einzige Kontinent, der einen Trend zum Atomstrom aufweist – zumindest außerhalb des durch Fukushima gebeutelten Japan. Im Juli 2015 standen laut WNISR2015 vier von fünf weltweit im Bau befindlichen Reaktoren in Asien – davon mit 24 knapp die Hälfte in China. In Indien waren sechs Anlagen im Bau, in Südkorea vier, in den Vereinigten Arabischen Emiraten drei und in Pakistan zwei. Außerhalb Asiens stockten nennenswert nur Russland (8) und die USA (5) ihre Kapazitäten auf. Die Internationale Energie-Agentur IEA erwartet – basierend auf Hochrechnungen für die 29 großen Ölverbraucher-Staaten der Welt –, dass die globale Atomstrom-Kapazität bis 2040 im Jahr um rund zwei Prozent steigen wird und dann etwa 624 GW erreicht. 46 Prozent dieses Wachstums werde allein China generieren, weitere 30 Prozent Indien, Südkorea und Russland zusammen. 1970 hatte China seinen ersten Nuklearplan entworfen. Doch erst 1991 wurde die erste Atomanlage des Landes, ein selbst

Auf der Überholspur

CHINA Bis zum Jahr 2020 will das Land 58 Atomreaktoren fertigstellen, bis 2030 sollen 100 dazukommen. Bisher trägt Atomstrom nur 2,4 Prozent zum Strommix bei



Bauarbeiten am Atomkraftwerk Changjiang 2 auf der Insel Hainan im Südpazifischen Meer. Am 20. Juni 2016 ist das Atomkraftwerk in Betrieb gegangen. © picture-alliance/dpa

entwickelter 288-MW-Druckwasser-Reaktor im 120 Kilometer südwestlich von Shanghai gelegenen Qinshan ans Stromnetz angeschlossen. Der erste auf französischer Technologie basierende Reaktor ging 1994 nordöstlich von Hongkong ans Netz. Heute betreiben drei staatliche Großfirmen Chinas Atomanlagen: Branchenprimus China General Nuclear Power (CGN) in Shenzhen, der altgediente Staatskonzern China National Nuclear Corporation (CNNC) in Peking sowie die durch mehre-

re Zusammenschlüsse entstandene State Power Investment Corporation. Beim Aufbau neuer Reaktoren der so genannten Dritten Generation (III und III+) setzen diese Staatsfirmen auf Technologie von Areva aus Frankreich und Westinghouse aus den USA. China habe ein recht komplettes System für Forschung und Technologie im Atomsektor aufgebaut, frohlockte kürzlich Ministerpräsident Li Keqiang. Was allerdings bisher fehlt, ist ein Endlager. China evaluiert dafür derzeit die Regi-

on um Beishan in der Wüste Gobi. Ein Thema, das durchaus dringend ist: Laut einer Studie der Stanford-Universität von 2014 reichen Chinas Zwischenlager-Kapazitäten nur noch bis in die Mitte der 2020er Jahre.

Sicherheit nach Fukushima Die meisten Atomkraftwerke Chinas stehen ebenso wie in Japan an der Küste und nutzen Meerwasser zur Kühlung. Zudem stehen einige Atomkraftwerke relativ nahe an Ballungs-

zentren mit vielen Millionen Menschen wie Shanghai oder der südlichen Region mit den Metropolen Hongkong, Shenzhen und Guangzhou. „Viele auch der geplanten neuen Atomkraftwerke liegen in dicht bevölkerten Gegenden. Daher muss Sicherheit absolut vordringlich sein“, sagt Li Yan von Greenpeace East Asia. Die Regierung schein sich dessen bewusst zu sein, so Li. „Sie haben nach Fukushima Neubauten zunächst suspendiert und seitdem die Expansionspläne reduziert.“

Direkt nach dem Unglück erließ die Regierung in Peking ein Moratorium für Neubauten und schob umfassende Sicherheitschecks durch IEA-Spezialisten an allen Atomanlagen an. Seit 2011 werden alle Anlagen jährlich extern getestet, ihre Sicherheitsvorkehrungen wurden erhöht. Weil all dies für Verzögerungen sorgte, wurden die Planziele für 2020 und 2030 nach unten justiert. Sah ein langfristiger Plan von 2006 für 2030 noch mehr als 200 GW Atomstromkapazität vor, peilt der 2015 erstellte Plan nur noch 150 GW an. Seit diesem Jahr dürfen nur noch Reaktoren der aktuellsten Generation III+ geplant werden.

Expansion ins Ausland Wie überall gibt es aber auch in China ein Restrisiko. Im Januar räumte Peking in einem Weißbuch zur Nuklearindustrie ein, dass bisherige Notfallmaßnahmen „unzureichend“ seien hinsichtlich Technologie, Personal, Kapazitäten und Standards. Bis 2018 wird ein Notfallteam aus 320 Experten aufgebaut. Behördenchef Xu Dazhe berichtete im Januar zudem, dass der Bau zweier EPR-Reaktoren mit französischer Technik im südlichen Taishan aus Sicherheitsgründen suspendiert wurde. „Nukleare Sicherheit hat absolute Priorität. Wenn es ein Problem gibt, muss es vollständig untersucht werden“, so Xu damals.

Nichtsdestotrotz wollen Chinas Atomfirmen auch ins Ausland expandieren. CGN hat den Blick auf 13 Staaten in Südostasien, Osteuropa und Afrika geworfen. „Wir stehen im Auslandsgeschäft noch am Anfang, aber wollen es ausbauen. Bis 2020 wollen wir mindestens 15 Prozent unseres Umsatzes ins Ausland machen“, sagte Yang Maochun, Vizedirektor für das internationale Geschäft, kürzlich der Hongkonger South China Morning Post. In Rumänien bekam CGN zum Beispiel gerade den Zuschlag, mit dem lokalen Betreiber Nuclearelectrica zwei Reaktoren mit kanadischer Technik am Atomkraftwerk Cernavodă zu bauen. In Kenia unterschrieb CGN eine Absichtserklärung. CNNC ist derzeit an einem Projekt in Pakistan beteiligt und will laut Sun Qin Argentinien als Basis für Südamerika aufbauen.

Anti-Atom-Bewegung Breite Proteste gegen Atomanlagen gibt es in China selten. Doch unumstritten sind sie nicht. Umweltschützer in Hongkong haben wegen der Materialdefekte der französischen Reaktoren für den nur 130 Kilometer entfernten Standort Taishan vor strukturellen Sicherheitsmängeln gewarnt. 2013 protestierten vor der Stadthalle in Jiangmen 1.000 Menschen gegen den Bau einer Uran-Aufbereitungsanlage. Als die Demonstrationen sich jedes Wochenende wiederholten, bliesen die Behörden das Projekt ab. Solche Aktionen sind allerdings selten. „Ich glaube, die meisten Leute haben zuviel um die Ohren, um darüber groß nachzudenken. Aber die meisten, denen Umweltschutz wichtig ist, würden lieber mehr Wind- und Solarkraftwerke bauen“, sagt Feng Lianhua, Grafikerin in Shanghai. Wie schnell Dinge schief laufen, weiß sie seit Fukushima. „Vorher dachte ich, dass Japan seine Anlagen gut und streng kontrolliert.“ Sie hätte lieber keine Atomkraftwerke im Land. Auch Li Yan von Greenpeace setzt naturgemäß eher auf Wind und Solar. „Diese Energieformen ersetzen bereits existierende Kohlekraftwerke. Die Energienachfrage steigt viel langsamer als vor fünf Jahren. Erneuerbare Energien könnten die wachsende Energienachfrage Chinas befriedigen, und es gibt daher wenig Bedarf und Raum für Atomkraft“, glaubt sie. Noch sehen das die staatlichen Planer anders. *Christiane Kühl* ||

Die Autorin arbeitet als freie Journalistin in China.

Traum von der sauberen Atomkraft

FORSCHUNG Die deutsche Wissenschaft gehört in der Kernfusionsforschung zur Weltspitze. Atomkraftgegner sehen darin einen Widerspruch zum Atomausstieg

Als Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) im vergangenen Februar nach Greifswald reiste, um am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) den Fusionsreaktor Wendelstein 7-X einzuweihen, da war das technische Wunder eigentlich längst vollbracht. Bereits zwei Monate zuvor, im Dezember 2015, hatten die Fusionsforscher ihren Testreaktor erfolgreich in Betrieb genommen. Für den Bruchteil einer Sekunde erzeugten sie aus dem Gas Helium ein einhundert Millionen Grad heißes Plasma.

Wendelstein 7-X ist der weltweit größte und fortschrittlichste Reaktor seiner Art. Im Beisein der Kanzlerin gingen die Wissenschaftler noch einen Schritt weiter und verwandelten Wasserstoff in Plasma. Sie versetzten die Wasserstoffatome also in einen vierten Aggregatzustand, der vornehmlich im Kern der Sonne zu finden ist. Dort sind Druck und Hitze so hoch, dass die Kerne der Wasserstoffatome verschmelzen. Es kommt zur Kernfusion, bei der massenhaft Energie frei wird. Die wollen die Wissenschaftler künftig für die Stromerzeugung

nutzbar machen. Gelänge ihnen das, könnten sie damit einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende leisten. Mehr noch, sie könnten die Energieprobleme der ganzen Welt lösen. Aus wenigen Gramm Wasserstoffplasma könnte theoretisch so viel Energie gewonnen werden, wie aus tausenden Tonnen Kohle – und zwar CO₂-neutral und ohne die Gefahr eines atomaren Gaus.

Ein Meilenstein Zu einer nennenswerten Kernfusion wird es im Testreaktor Wendelstein 7-X noch nicht kommen. Dazu ist der in Greifswald gebaute Reaktortyp „Stellarator“ zu klein und noch nicht weit genug entwickelt. Es handelt sich vielmehr um Grundlagenforschung. Gelänge das Experiment auch im Großen, wären die Wissenschaftler erstmals in der Lage, eine Kernfusion in Dauerbetrieb zu erzeugen. Wendelstein 7-X könnte somit ein Meilenstein auf dem Weg zu einem marktfähigen Fusionskraftwerk sein. Bis zur Mitte des Jahrhunderts soll eine Demonstrationsanlage entstehen, die erstmals Strom erzeugen soll. Den Prognosen der Forscher zufolge könnte der Traum von der „sauberen Kernenergie“ bis zum Ende des Jahrhunderts wahr werden. Für die Kanzlerin ist Wendelstein 7-X auch ein politischer Erfolg. Ohne großzügige staatliche Subventionen wäre

das 1,1 Milliarden Euro teure Projekt kaum realisiert worden.

Das deutsche Forschungsprogramm mit vier großen Zentren in Karlsruhe, Jülich, Garching und Greifswald gehört zu den führenden in der Welt. Besonders in Europa kommt den deutschen Instituten eine Schlüsselrolle zu. Am IPP in Garching läuft die gesamte europäische Zusammenarbeit von insgesamt 29 Forschungseinrichtungen aus 27 Ländern zusammen. 120 Millionen Euro aus Bund und Ländermitteln fließen jährlich in die deutsche Fusionsforschung. Das Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBWF) hat seit 2007 zusätzliche 66 Millionen Euro an projektbezogener Förderung beigesteuert. Weitere finanzielle Verpflichtungen bestehen im Rahmen des europäischen Forschungsprogramms „EUROfusion“ und internationaler Projekte, wie dem weltweit größten Fusionsreaktor ITER. Das ist im Vergleich deutlich mehr als derzeit noch in die deutsche Atomforschung gesteckt wird. 80 Millionen Euro im Jahr bringt der Bund heute noch für die Reaktorsicherheits- und Endlagerungsforschung auf. Aus der Entwicklung neuer Reaktortechnologien ist man mittlerweile vollständig ausgestiegen.

„120 Millionen Euro sind erst einmal eine Menge Geld“, sagt Hartmut Zohm, Fusi-



Projektleiter Prof. Thomas Klinger zeigt ein Bild des ersten Plasmas aus dem Testreaktor Wendelstein 7-X in Greifswald.

onsforscher am IPP Garching. Seit zwei Jahren sei die Fördersumme aber wieder gedeckelt. Die Förderung durch das BMBWF läuft außerdem 2017 aus. Das sei ein falsches Signal, meint Zohm. Nötig seien eigentlich mehr Investitionen auch durch die Europäische Union, um im internationalen Innovationswettbewerb langfristig vorne zu bleiben.

„Wir glauben nicht an diese Technologie“, sagt dagegen Thorben Becker, Energieerferent beim Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): „Es gibt vernünftigeren Lösungen, als Milliarden in eine risikobehaftete Großtechnologie zu stecken, bei der völlig unklar ist, ob am Ende etwas dabei heraus kommt.“ Während des Deutschland im Zuge des Atomausstiegs aus der einen Kerntechnologie aussteige, werde zugleich intensiv in eine andere investiert, sagt Becker. Das passt in den Augen der Atomkraftgegner nicht zusammen. Ein glaubwürdiger Abschied von der Atomkraft sehe anders aus, meint auch die Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. Die Partei bezeichnet Fusionsforschung als Milliardengrab und fordert einen sofortigen Stop der öffentlichen Fördergelder. Bis die Technologie marktreif sei, so lautet ihr Argument, sei die deutsche Energiewirtschaft längst vollständig auf die erneuerbaren Energien umgestellt. Für die deutsche Energiewende komme die Kernfusion schlichtweg zu spät. Die Fusionsforscher kontern, dass ihre Gegner eine ideologisch verblendete Debatte führen würden. „Wir haben in den letzten Jahren erfolgreich darstellen können, dass Kernspaltung und Kernfusion

nicht dasselbe sind und Unfälle wie in Tschernobyl oder Fukushima bei der Kernfusion nicht passieren können. Das ist auch in der Öffentlichkeit angekommen“, sagt Hartmut Zohm. Eine erfolgreiche Energiewende sei außerdem nur global zu erreichen. „Es nützt nichts, wenn nur wir aussteigen, während andere Länder weiter Atom- und Kohlekraftwerke bauen“, sagt Zohm. Wenn man dem weltweit steigenden Energiebedarf gerecht werden möchte und zugleich die globalen Klimaziele erreichen wollte, müsse konsequent in alle CO₂-neutralen Energieträger investiert werden.

Auch Walter Tromm vom Atomforschungsprogramm NUSAFE am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sieht in der Kernfusion keine Konkurrenz, sondern eine sinnvolle Ergänzung zu den erneuerbaren Energien im Land. „Als Technologie- und Exportnation wäre Deutschland schlecht beraten, sich jetzt aus der Kernfusion zurückzuziehen“, sagt er. Die deutsche Industrie werde noch in vielen Bereichen von der Fusionsforschung profitieren können, prophzeit Tromm, zum Beispiel durch die Entwicklung neuer Magnetspulen und Supraleiter. *Florian Zimmer-Amrhein* ||

Der Autor ist freier Journalist in Berlin.

