

April 2024

BULLETIN 1



Rückblick auf das nukleare Jahr 2023

Seite 12

Einsteigerland VAE: im Zeit- und Budgetrahmen

Seite 22

Swissmem: mehr Erneuerbare und Aufhebung des Neubauverbots

Seite 25

Das Potenzial von KI aus Sicht der IAEO

Seite 32

Inhalt

Editorial

International wird die Energiezukunft mit Kernenergie gestaltet 1

Im Gespräch mit ...

Schweizer KMU im Nuklearbereich spürt Folgen des Atomausstiegs 2

Wilfried Hahn aus dem Schwarzwald unterstützt Copenhagen Atomics 6

Hintergrundinformationen

Die Kernkraftwerke der Welt 2023 12

Fusionsforschung in Deutschland 16

VAE: Neueinstieg nach Plan 22

Klartext

Mantelerlass und Blackout-Initiative sind keine Gegensätze 25

Nukleare News

Schweiz 28

International 29

Kolumne

Stärkung der Kernenergieerzeugung durch künstliche Intelligenz 32

Hoppla

«Glühendes Leuchten in Wädenswil dank Kernenergie» 35

In eigener Sache

«Kernwissen» ist online 36

Verbindungen zwischen Frankreich und der Schweiz gehen über
Stromleitungen hinaus 37

Pinnwand

40

Titelbild:

Mit der Inbetriebnahme der beiden AP1000-Blöcke Vogtle-3 und -4 werden
800 langfristige Arbeitsplätze geschaffen und der wirtschaftliche Aufschwung
in der Region gefördert.

(Foto: Georgia Power Company)

International wird die Energiezukunft mit Kernenergie gestaltet



Stefan Diepenbrock

Leiter Kommunikation des Nuklearforums Schweiz

Liebe Leserinnen und Leser

«Das grosse Comeback der Atomkraft hat begonnen.» Mit diesem Statement zitierte der «Blick» den Direktor der Internationalen Energieagentur, Fatih Birol, am Rande des Weltwirtschaftsforums in Davos. Und in der Tat: Bei der Suche nach nachhaltigen Lösungen im Energiebereich rückt die Kernenergie wieder ins Zentrum der Aufmerksamkeit. In der Schweiz ist die politische Diskussion mit der Einreichung der «Blackout-Initiative» Mitte Februar neu lanciert worden. Lohnend ist ein Blick über unsere Landesgrenzen hinaus auf die spannenden internationalen nuklearen Entwicklungen ausserhalb der Schweiz. In dieser Ausgabe des «Bulletins» zeigen wir etwa, was sich weltweit in Sachen Neubau von Kernkraftwerken getan hat.

Ausserdem haben wir mit John Kickhofel, Gründer und Inhaber des Schweizer Nuklear-Beratungsunternehmens Apollo+, gesprochen. Seine Einblicke in internationale Projekte und die Auswirkungen des Neubauverbots in der Schweiz auf die nukleare Forschung und Ausbildung bieten eine interessante Perspektive, zeigen aber auch die Herausforderungen auf.

Ebenso beeindruckend ist das Engagement des deutschen Unternehmers Wilfried Hahn, der sich nach dem Ende seiner aktiven Karriere leidenschaftlich für die Kernenergie einsetzt. Durch sein Buch und seine Mitgliedschaft im Aufsichtsrat des dänischen Start-ups Copenhagen Atomics bringt er frischen Wind in die Diskussion um die Kernenergie. Wilfried Hahn war beim Nuklearforum in Olten zu einem ausführlichen Interview zu Gast.

Deutschland ist zwar aus der Kernenergie ausgestiegen, will aber bis 2028 über eine Milliarde Euro in die Fusionsforschung investieren. Ziel ist der Bau eines Fusionskraftwerks in Deutschland. Das Land könnte damit eine lange Forschungstradition fortsetzen.

Der Schweiz stehen wiederum hitzige öffentliche Debatten um die künftige Energieversorgung bevor. Als Vertreter des Verbandes Swissmem ordnet Jean-Philippe Kohl die Situation aus Sicht der Wirtschaft ein und schreibt: «Es braucht sowohl mehr Erneuerbare als auch die Aufhebung des KKW-Neubauverbots.»

Ich wünsche eine spannende Lektüre und möchte schon jetzt darauf hinweisen: Jedes Mitglied des Nuklearforums sollte sich bereits den Termin der diesjährigen Generalversammlung im Kalender vermerken – den 22. Mai 2024 in Zürich. Denn dazu hat ein besonderer Gast unsere Einladung angenommen: der Generaldirektor der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), Rafael Mariano Grossi.

Beste Grüsse

Schweizer KMU im Nuklearbereich spürt Folgen des Atomausstiegs



John Kickhofel

Gründer und Inhaber des Schweizer Beratungsunternehmens Apollo+

Wir haben uns mit John Kickhofel, dem Gründer und Inhaber von Apollo+, unterhalten. Das in Zürich ansässige Beratungsunternehmen arbeitet international für die Nuklearindustrie. Dabei haben wir erfahren, wie sich sein Unternehmen im aktuellen politischen Umfeld der Schweiz zurechtfindet, und was wir vom Ausland lernen können.

Können Sie uns kurz beschreiben, welche Dienstleistungen Apollo+ für die Schweizer Nuklearindustrie anbietet?

Wir unterstützen Betreiber, Regulierungsbehörden und Lieferanten strategisch und operativ in der Nuklearindustrie. Unser Fokus liegt auf der Entwicklung von Lösungen und gezielter Unterstützung im Hinblick auf den Langzeitbetrieb von Kernkraftwerken. Dabei geht es um das Alterungsmanagement der Anlagen mit Betrachtungen zur Lebensdauer und Beschaffung von Komponenten, sowie die Planung, Optimierung und Durchführung von Prozessen und Projekten rund um den Langzeitbetrieb. Mit unserer internationalen Expertise erarbeiten wir wirkungsvolle Strategien und bieten das erforderliche Fachwissen sowie das nötige Personal für die Umsetzung.

Ebenfalls sind wir weltweit im Neubausektor tätig, insbesondere beim Einführen von kleinen, modularen Reaktoren (SMRs), deren Technologien, Lieferketten, Lizenzierung und Finanzierung. Auch die generelle Beschaffung und Lieferung von Komponenten für Kernanlagen über Ländergrenzen hinweg zählt zu unseren Stärken. Dabei kümmern wir uns um die Einhaltung regulatorischer Vorschriften und achten auf ein effektives Projektmanagement. Nicht zuletzt sind wir in internationalen Arbeitsgruppen und Industrieorganisationen aktiv, in denen wir neue Entwicklungen oft ehrenamtlich unter-

stützen. Dazu gehören Arbeitsgruppen und technische Komitees der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der World Nuclear Association (WNA).

Sie haben an der ETH Zürich Nuclear Engineering studiert. War das dabei erworbene Wissen hilfreich bei der Gründung Ihrer Firma und für die aktuelle Geschäftstätigkeit?

Ich war im ersten Jahrgang des Nuklear Engineering Masterprogramms der EPF Lausanne und der ETH Zürich dabei und konnte vom hervorragenden Unterricht der Professoren Prasser und Chawla profitieren. Das im Masterprogramm und später in der Promotion an der ETH Zürich erworbene Wissen hat mich inspiriert und gelehrt, Probleme oder Ziele systematisch zu analysieren und zu lösen, egal wie abstrakt oder komplex sie sind. Mit dieser analytischen Fähigkeit und dem Verständnis für die einzigartigen Aspekte der Nuklearindustrie fühlte ich mich gut gerüstet, um mein eigenes Unternehmen in diesem Sektor zu gründen. Dabei haben mir nicht «nur» das an der ETH erworbene technische Wissen geholfen, sondern auch vorgelebte Werte wie der unternehmerische Geist und das ständige Streben, sich weiterzuentwickeln und hinzuzulernen. Aber auch das Networking spielt eine wichtige Rolle: Es gibt viele Mitglieder der Schweizer Forschungsinstitute und Hochschulen, die ich nicht nur als Kollegen, sondern auch als Freunde zähle.



John Kickhofel während seines Vortrags am «International Seminar of Nuclear Safety & Decommissioning Industry» im südkoreanischen Gyeongju. Das Seminar fand im Juni 2019 mit Vertretern aus der Schweiz statt. (Foto: zvg)

Vermitteln Hochschulen Wissen im Nuklearbereich, das man in der Praxis anwenden kann?

Für den Bau, Betrieb und Rückbau eines Kernkraftwerks sind verschiedene Berufe, Talente und Bildungshintergründe erforderlich. Ich glaube, dass wir in der Schweiz eine gute Mischung von Bildungsprogrammen haben, um die Industrie mit Nachwuchs zu unterstützen. Die meisten der benötigten Berufe – wie z.B. Maschinenbauingenieure, Elektroingenieure, Chemiker, Physiker, IT-, Finanz- und HR-Experten, Mechaniker, Elektriker – werden für einen universellen Einsatz und nicht speziell für den Nuklearbereich ausgebildet. Um einen reibungslosen Einstieg in die Nuklearbranche zu erhalten, benötigen aber auch diese Berufe Einblicke in die Besonderheiten des täglichen Betriebs eines Kerntechnikunternehmens. Das war selbst für mich als Nuklearingenieur eine wertvolle Erfahrung.

Um Neueinsteigerinnen und Neueinsteiger in der Nuklearbranche zu unterstützen, bietet die Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute (SGK) ein sehr nützliches Grundlagenseminar an. Gleichzeitig wäre es jedoch auch gut, an unseren Hochschulen eine Option «Grundlagen der Nuklearindustrie» einzuführen, das interessierte Studierende wählen könnten.

Wie können Schweizer Hochschulen die Firmen-gründung unterstützen, z.B. mit Spin-offs, und wird dies im Nuklearbereich gemacht?

Es gibt zahlreiche Innovations- und Unterstützungsprogramme in der Schweiz, bei denen auch die Hochschulen eine Schlüsselrolle spielen. Meiner Erfahrung nach folgen jedoch die meisten dieser Programme eher dem allgemeinen Trend und unterstützen Innovationen und Start-ups im sogenannten «erneuerbaren» Energiesektor. Es wäre an der Zeit, auch die Kernenergie in die Start-up- und Spin-off-Unterstützungsprogramme aufzunehmen! So könnten Hochschulen ein wichtiges Zeichen setzen, dass man die Tatsache anerkennt, dass die Kernenergie eine (wenn nicht sogar DIE) der nachhaltigsten und umweltfreundlichsten Energiequellen ist.

Welche Herausforderungen gibt es in der Schweiz beim Gründen einer eigenen Firma im Nuklearbereich?

Aus meiner Sicht sind die Herausforderungen für die Gründung eines Unternehmens im Nuklearbereich in der Schweiz sehr spezifisch. Einerseits gibt es immer noch eine relativ starke Antiatom-Stimmung in der Öffentlichkeit und Politik. Obwohl es interessanterweise in letzter Zeit eine gewisse Aufgeschlossenheit gegenüber der Kernenergie zu geben scheint, insbesondere wenn es

John Kickhofel ist Gründer und Inhaber des Schweizer Beratungsunternehmens Apollo+. Er ist ebenso Berater der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) in Bereichen wie Harmonisierung von Richtlinien, Vorschriften und Standards für das Lieferkettenmanagement in Kernkraftwerken und kleinen, modularen Reaktoren (SMRs). Als Dr. ETH in Kernenergiesystemen mit einem zusätzlichen Abschluss in International Nuclear Law, ist er ein international anerkannter Experte für die Planung und Abwicklung von grenzübergreifenden Kerntechnikprojekten, angefangen bei einzelnen Komponenten für den Langzeitbetrieb bis hin zu ganzen Kernkraftwerken für jene Länder, die in die Kerntechnik einsteigen oder die bestehenden Kapazitäten ausbauen wollen.



Am 3. Oktober 2023 fand im finnischen Espoo der «SMR Business Day 2023» statt. Dort trafen sich künftige Akteure im Bereich der kleinen, modularen Reaktoren (SMRs), wie zum Beispiel Vertreter der SMR-Industrie und an SMRs interessierte Gemeinden. John Kickhofel wirkte beim Podiumsgespräch mit und hielt einen Vortrag zum Einbezug von Interessengruppen bei Kernkraftwerksprojekten und zur gesellschaftlichen Akzeptanz der Kernkraft. (Foto: zvg)

um neue Kerntechnologien wie SMRs geht. Andererseits hat die Schweiz eine lange Tradition im Nuklearbereich und viele erfahrene Unternehmen und Fachleute. Es gibt also eine stabile Basis, aber es fehlen möglicherweise die Visionen und der Wille, diese Branche weiterzuentwickeln und auf globaler Ebene wettbewerbsfähig zu bleiben. Mir ist aufgefallen, dass trotz aller Herausforderungen viele junge Menschen interessiert sind und in der Nuklearindustrie arbeiten möchten, was sicherlich ein positives Zeichen für die Zukunft ist. Es braucht also einen Paradigmenwechsel und vielleicht auch die Erkenntnis, dass die Kernenergie ein wesentlicher Bestandteil der Energiewende sein sollte und sie es auch sein kann.

Erschweren das fehlende Rahmenabkommen mit der EU oder das Neubauverbot in der Schweiz Ihre Geschäftstätigkeit?

Natürlich. Das Neubauverbot schadet der schweizerischen Kernindustrie insgesamt schwer, da es Studenten, Fachleute und Personen, die vielleicht in die Kernin-

dustrie wechseln möchten, die Zukunftsperspektive nimmt. Ich glaube, dieses Problem ist universell und nicht nur auf unsere Organisation bezogen, wir haben zumindest das Glück, auch international arbeiten zu können. Ich mache mir mehr Sorgen um unsere Anlagen, die sich der Herausforderung des «Generationenwechsels» stellen müssen und die Schwierigkeiten haben, neue Lieferanten zu gewinnen und junge Fachleute zu rekrutieren. Für diejenigen, die an einer Arbeit in der Nuklearindustrie interessiert sind, ist es klar attraktiver, in einem Land zu arbeiten, das sich dafür einsetzt und aktiv daran arbeitet, seinen Nuklearsektor zu erhalten und sogar auszubauen. Gleiches gilt für die Lieferanten, die auch immer mehr unter dem Mangel an Ressourcen leiden und die noch verfügbaren Ressourcen jenen Projekten zuweisen werden, die ihr zukünftiges Geschäft über Jahrzehnte sichern.

Kann Apollo+ von der Schweizer Forschung im Kerntechnikbereich profitieren?

Apollo+ profitiert vom starken Ruf und den zahlreichen Errungenschaften und Kompetenzen der Schweizer Forschung. Wir sind stolz darauf, Dienstleistungen für das PSI erbracht zu haben, und sind kontinuierlich dran, die ETH Zürich, EPF Lausanne und das PSI mit internationalen Projekten und Partnern zu verbinden. Für uns sind dies wertvolle Partner und Inspirationsquellen.

Gibt es eine gegenseitige Zusammenarbeit und einen Wissenstransfer zwischen Apollo+ und den Schweizer Forschungsinstituten und Hochschulen?

Bis jetzt waren unsere Projekte darauf ausgerichtet, das Schweizer Know-how und die Entwicklungen zu exportieren, was auch Arbeiten für das PSI in anderen Ländern beinhaltet hat. Wir wären sehr offen und würden uns freuen, diese Arbeit auszubauen, um das unschätzbare Wissen der Schweizer Forschungsinstitute und Hochschulen zu erhalten und sie bei der Erweiterung der Bildung in Richtung der spezifischen «Alltags»-Kernindustrie als Teil des Bildungsprogramms zu unterstützen. Hier möchte ich das Zitat von Vanessa Wood aufgreifen, der Vizepräsidentin für Wissenstransfer und Unternehmensbeziehungen an der ETH: «Wir brauchen eine Zwei-Wege-Kommunikation mit unseren Industriepartnern [...], um die Forschungszusammenarbeit mit der

Industrie, Regierungsstellen und gemeinnützigen Organisationen auszubauen.» Wir von Apollo+ wären gerne solche Industriepartner und würden die Brücken zu anderen Schlüsselakteuren der Branche bauen, wenn nötig. Ich würde mir eine engere Zusammenarbeit zwischen den Schweizer Forschungsinstituten und der Industrie im Allgemeinen wünschen.

Wie haben Sie die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in anderen Ländern erlebt?

2023 war ich in Slowenien auf der «Internationalen Konferenz – Kernenergie für das neue Europa» und war beeindruckt von der Mischung der Teilnehmer und ihrer offenen Kommunikation miteinander. Es war eine Plattform nicht nur für Mitarbeiter von Betreibern und Anlagen, um sich mit allen grossen Anbietern und wichtigen Industrielieferanten sowie Regierungs- und Regulierungsvertretern zu treffen, sondern auch für Masterstu-

denten und Doktoranden, die sich auf die Nuklearindustrie fokussiert haben oder daran interessiert wären. All dies fand in einem Land statt, das einen Kernreaktor betreibt. Ich wünschte, eine solche Kommunikationsplattform würde auch in der Schweiz existieren, um die Zusammenarbeit zu fördern, Talente anzuziehen und das Engagement und die Transparenz gegenüber der Branche zu demonstrieren.

In welchen Bereichen könnte Apollo+ allenfalls von Unterstützung profitieren?

Auch hier würden wir, wie der Rest der Branche, von einem klaren Bekenntnis unserer Regierung profitieren, die Kernenergie auch zukünftig als Teil des Energiemix zu sehen. Zusätzlich sind wir immer dankbar für jegliche Unterstützung beim Sammeln, Mitbringen und Kommunizieren der gewonnenen Erkenntnisse, Best Practices, neuen Entwicklungen und Innovationen von der ganzen Welt zurück in unsere Heimat – die Schweiz.

Genügend Mittel für Schweizer Kernforschung fehlen

Seit dem Reaktorunfall in Fukushima hat das Bundesamt für Energie kein einziges nukleares Förderprogramm mehr initiiert. Im Zuge der Abstimmung zum Atomausstieg der Schweiz haben die Bundesbehörden betont, dass die Nuklearforschung weiterhin unterstützt werde und es kein Technologieverbot gebe. Die Internationale Energieagentur (IEA) zeigt in ihrem Bericht «Switzerland 2023 – Energy Policy Review» auf, dass die Mittel für den Nuklearforschungsbereich in der Schweiz stagnieren: «Im Jahr 2020 entfielen etwa 10% der öffentlichen Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsausgaben auf die Kernforschung. Die absoluten Ausgaben für Forschung, Entwicklung und Innovation im Nuklearbereich sind seit einem Jahrzehnt stabil, aber gegenüber dem vorangegangenen Jahrzehnt rückläufig.» Infolge des geplanten Atomausstieg flossen mehr Gelder in

Erforschung anderer Technologien zur Reduzierung der Netto-Null-Emissionen. Die Mittel für Nuklearforschung am Paul Scherrer Institut (PSI) sind ebenfalls sehr stark gesunken. Das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) wurde im Bericht der IEA aufgefordert, Massnahmen zum Erhalt nuklearer Kompetenzen zu treffen. Dies ist aus Sicht der Nuklearbranche wichtig, damit die Schweizer Kernkraftwerke weiterhin im Langzeitbetrieb mit kostengünstigem Strom ihren Beitrag zur Versorgungssicherheit der Schweiz leisten können. Gehen der Kernforschung zunehmend die finanziellen Mittel aus, droht die Schweiz den internationalen Anschluss zu verlieren und büsst dadurch auch Handlungsspielraum für die Zukunft bei neuen Entwicklungen in der Kernenergie ein.

Wilfried Hahn aus dem Schwarzwald unterstützt Copenhagen Atomics



Wilfried Hahn

Unternehmer und Verwaltungsrat bei Copenhagen Atomics

Das dänische Unternehmen Copenhagen Atomics entwirft einen Thorium-Flüssigsalzreaktor (Salzschmelzereaktor), der auch radioaktive Abfälle verwerten kann. Wilfried Hahn ist dort seit 2021 im Aufsichtsrat. Der Unternehmer aus dem deutschen Schwarzwald hat uns Einblicke in die Reaktorentwicklung gegeben und seine Motivation für die Unterstützung der Kernenergie erklärt.

Weshalb engagieren Sie sich für die Kernkraft und weswegen bei Copenhagen Atomics?

Ohne Energie funktioniert weder unsere Wirtschaft noch unser Leben. Meistens realisiert man das nicht, weil der Strom selbstverständlich und täglich aus der Steckdose kommt. Da wir es in Deutschland mit den erneuerbaren Energien nicht schaffen werden, will ich mit meinem Einsatz für die Kernenergie zu einer gesicherten Energiezukunft beitragen. Bei Copenhagen Atomics habe ich die einmalige Chance bekommen, aktiv mitzumachen. Mein Engagement dort begann im Jahr 2020, als mir der Copenhagen-Atomics-Mitgründer Thomas Jam Pedersen in Kopenhagen das innovative Reaktorkonzept erklärte. Über die estnische Crowdfunding-Plattform Funderbeam habe ich dann investiert und mich über Monate hinweg im Selbststudium immer weiter in die Atomenergie und die Technik von Copenhagen Atomics eingearbeitet.

Sie sind im Aufsichtsrat von Copenhagen Atomics. Was ist Ihre Aufgabe?

Als Aufsichtsrat beaufsichtige ich die Geschäftsleitung. Wir erhalten die Bilanzen und haben alle zwei Monate eine Aufsichtsratssitzung. Dort besprechen und genehmigen wir die wichtigsten Projekte. Ich nehme vor Ort in Kopenhagen teil und bleibe jeweils zwei, drei Tage. So kriege ich ein Gefühl für die Stimmung, kann durch die Produktion gehen, mit den Leuten reden und ein Vertrau-

ensverhältnis aufbauen. Die Gründer haben die Mehrheit, sodass ich allein nichts Entscheidendes ändern könnte – ich bringe aber meine langjährigen Erfahrungen als Unternehmer ein. Ich mache das alles unentgeltlich und zahle auch die Flüge selbst.

Im Windland Dänemark sind Atomkraftwerke per Gesetz verboten. Wieso wird ausgerechnet in Kopenhagen ein Kernreaktor entwickelt?

Alvin Weinberg hat am Oak Ridge National Laboratory (ORNL) das Thorium-Flüssigsalzkonzept entwickelt und in den 1960er-Jahren das Molten Salt Reactor Experiment (MSRE) betrieben. Als die Patentunterlagen dazu für die Öffentlichkeit freigegeben wurden, haben die technikbegeisterten Gründer von Copenhagen Atomics alles genaustens studiert. Schliesslich haben Thomas und seine Mitgründer den Entschluss gefasst, Geld auf den Tisch zu legen, eine Firma zu gründen und es selbst zu versuchen.

Was ist die Philosophie von Copenhagen Atomics?

Als Start-up hatte Copenhagen Atomics nicht viel Geld. Damals und auch heute noch versuchen wir alles selbst zu entwickeln und zu bauen – vom Salz über die Elektronik bis zur Pumpe. Unser Reaktor ist kein riesiges Bauwerk wie ein Leichtwasserreaktor, der nur einmal gebaut

wird, womit wir die technische Entwicklung ganz anders vorantreiben können. Wir bauen unsere Prototypen frühzeitig, testen sie und lernen daraus. Bis jetzt haben wir drei Prototypen hergestellt und in den nächsten ein bis zwei Jahren folgen zwei bis drei weitere. Wir hoffen, so schneller die Genehmigung zu erhalten und auf den Markt zu kommen. Die Grundidee von Copenhagen Atomics ist es, in unserer Fabrik mehr als einen Reaktor pro Tag in Serienfertigung zu bauen und von der schnellen Lernkurve zu profitieren.

Bei unserem Reaktor, dem Copenhagen Atomics Waste Burner, ist das Wertvolle das Flüssigsalz mit dem gelösten Brennstoff und das schwere Wasser (D_2O) als Moderator. Das Ziel von Copenhagen Atomics ist es, einen Reaktor zu bauen, der im Betrieb genügend Brennstoff für sich selbst und den Start eines weiteren solchen Reaktors erzeugen kann (siehe Kasten Seite 11). Das Flüssigsalz und der Moderator sollen in unserem Besitz bleiben. Wir werden unseren Kunden die gesamte Anlage nur im «Build-own-operate»-Modell anbieten, das heisst den Strom und die bis zu 560 °C heisse Wärme verkaufen. Ausgehend von einer kleinen Menge an Brennstoffsalz können wir viel Energie erzeugen. Dabei hilft uns unser hochinteressantes Reaktorkonzept mit dem Schwerwassermoderator und dem patentierten Reaktorkern, dem «Onion Core», der Form und Aufbau einer Zwiebel hat. Der mechanische Reaktor selbst ist Verbrauchsmaterial und benötigt keine Wartung. Er hält sicher fünf Jahre, dann werden das Flüssigsalz und der Schwerwassermoderator transferiert und beim neuen Reaktor noch Thorium nachgefüllt. Der alte Reaktor wird dann vor Ort gelagert und später entsorgt.

Wann rechnen Sie mit der Serienproduktion?

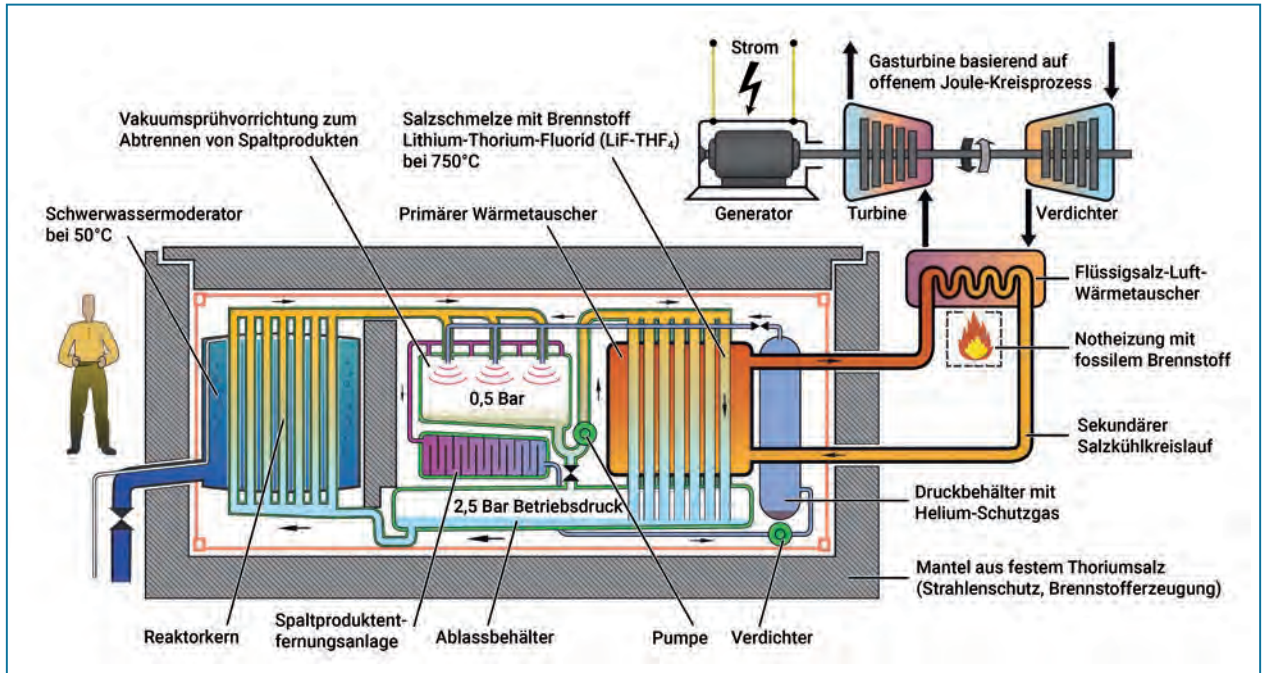
2028 soll der erste kommerzielle Reaktor laufen, mit dem wir aber noch nicht Strom zu einem Preis von 2 Eurocent pro Kilowattstunde produzieren können. In der Serienproduktion 2030, 2032 herum, rechnen wir mit so einem Preis und werden billiger als die Mitbewerber sein. Während den ersten zwei, drei Jahren können wir in unserem 11'000 Quadratmeter grossen Firmengebäude Reaktoren bauen. Für die Massenproduktion müssen wir uns dann ein anderes Gebäude suchen. Zuerst steht 2025 das kritische Reaktorexperiment an, das wir leider nicht in Dänemark durchführen dürfen.



Copenhagen Atomics nennt seinen patentierten Reaktorkern «Onion Core» und bezieht sich damit auf dessen Form und Aufbau einer Zwiebel. (Foto: Copenhagen Atomics)

Können Sie uns mehr zum kritischen Reaktorexperiment verraten?

Das Experiment soll rund einen Monat laufen. Der Reaktor hat fast Originalgrösse, wird aber nur 1 MW Leistung haben und nicht 100 MW, wie später vorgesehen. Mit dem Experiment wird überprüft, ob die Simulationen mit der Realität übereinstimmen. Copenhagen Atomics kann damit zeigen, dass das Konzept in der Realität funktioniert, was auch für die öffentliche Wahrnehmung wichtig sein wird, da zukünftig ein Gang an die Börse geplant ist. →



Schematische Zeichnung des Flüssigsalzreaktors Copenhagen Atomic Waste Burner, dessen nuklearer Teil die Ausmasse eines Standard-Schiffscontainers hat. (Foto: Copenhagen Atomics)

Die Möglichkeit besteht, dass wir unterschiedliche Experimente in verschiedenen Ländern machen – wir sind mit zehn Ländern im Gespräch, darunter einige in Europa wie England, Polen, Schweden und die Türkei. Copenhagen Atomics muss nach festgelegten Kriterien die Auswahl treffen; dazu zählen der Zeitrahmen zum Erhalt der Bewilligung für ein kritisches Experiment und die Kosten.

Copenhagen Atomics ist der Ansicht, dass der Waste Burner sehr sicher ist ...

Ja, unser Reaktor ist passiv sicher und verfügt über eine Reihe an Sicherheitsmerkmalen. Die Leistung im Reaktor regelt sich selbst herunter, wenn sich das Flüssigsalz mit dem Brennstoff bei stark steigender Temperatur sofort auszudehnen beginnt. Egal was im Reaktor passiert, das Flüssigsalz wird nie gasförmig (siehe Angaben zu den Temperaturen im Kasten auf Seite 11). Zudem kann das Flüssigsalz mit dem Brennstoff in einen Auffangbehälter abgelassen werden, wo es abkühlt und erstarrt, wobei auch die Kettenreaktion gestoppt wird. Sobald die Pumpe nicht mehr läuft, sackt das flüssige Salz automatisch in den Auffangbehälter ab. Das System steht zu-

dem nicht unter Druck und auch Wasserstoffexplosionen kann es nicht geben.

Flüssigsalze stellen bei hohen Temperaturen wegen der Korrosion hohe Anforderungen an die verwendeten Materialien. Hat Copenhagen Atomics das Korrosionsproblem im Griff?

Insgesamt haben wir über 130 kumulierte Jahre an Test Erfahrung. Wir stellen das hochreine Flüssigsalz selbst her und testen es ausgiebig. Um der Korrosion entgegenzuwirken, entziehen wir dem Salz die Feuchtigkeit. Für statische Salztests stehen uns über 20 selbst hergestellte Anlagen – sogenannte Salzkreisläufe (molten salt loops) – zur Verfügung, in denen die Werkstücke und das Salz bei hohen Temperaturen gehalten werden. Zudem führen wir Versuche zusammen mit der Universität Liverpool durch. Um ein bisschen Geld zu verdienen und weitere Erfahrungen zu sammeln, verkaufen wir auch Salzkreisläufe.

In einem unserer Tests bringen wir Werkstücke für 2000 Stunden mit Flüssigsalz bei 600 °C in Kontakt. Betrachtet man danach die Metallplatten, sieht man, wie gering

die Korrosion bei unserem Salz ist. Wir haben berechnet, dass es nach fünf Jahren maximal 0,1 Millimeter Korrosion gibt. Zusammen mit den praktischen Erfahrungen aus Tests, die wir bis anhin sammeln konnten, können wir sagen, dass unsere Anlage mit dem Reaktorbehälter sicher fünf Jahre halten wird. Auch unsere selbst entwickelte Pumpe haben wir ausgiebig getestet und sie hält problemlos den hohen Temperaturen im Betrieb stand.

Viele SMR-Entwickler gehen Kooperationen ein. Wie sieht es da bei Copenhagen Atomics aus?

Wir machen möglichst viel selbst, um unsere Unabhängigkeit zu wahren und sind auch vorsichtig, da es auf dem Markt einen Verdrängungskampf gibt. Unsere Stärke liegt beim nuklearen Teil, auf den wir uns konzentrieren. Beim Dampferzeuger, der Dampfturbine und den Anlagen zur Stromverteilung werden wir somit eine Kooperation brauchen – da gibt es aber mehrere Anbieter wie Siemens oder General Electric. Eng vernetzt sind wir

mit der dänischen Firma Topsoe, die in Indonesien unsere Energie abnehmen und Ammoniak herstellen wird. Als weitere Abnehmer könnten wir uns die Stahl- oder Aluminiumindustrie vorstellen.

Viele Energieprojekte haben mit gestiegenen Preisen zu kämpfen. Wie sieht es diesbezüglich bei Copenhagen Atomics aus und was ist mit der Lizenzierung durch die Aufsichtsbehörden?

Bei unseren Reaktoren ist das Salz zentral. Wir produzieren das Salz selbst. Thorium ist noch relativ leicht verfügbar und wir haben da unsere Quellen. Der Uranbedarf steigt an, was sich natürlich in gestiegenen Börsenpreisen äussert. Copenhagen Atomics kann aber ohne Probleme beim Uran hohe Preise bezahlen, weil das Konzept sehr effektiv ist. Hinzu kommt, dass der Reaktor von Copenhagen Atomics keine riesigen Mengen an Werkstoffen benötigt. Der ganze Reaktor steckt in einem Schiffscontainer, der aus günstigem Stahl hergestellt wird und



Copenhagen Atomics stellt Salzkreisläufe her, um diese für Materialtests einzusetzen, aber auch um sie an Kunden zu verkaufen und so Einnahmen zu generieren. (Foto: Copenhagen Atomics)



Ein Kraftwerk von Copenhagen Atomics kann aus mehreren Reaktoren bestehen. Dazu werden die Schiffscontainer mit der internen Abschirmung in einer Halle untergebracht. (Foto: Copenhagen Atomics)

auch die Sicherheitsbarriere im Container besteht aus einem halben Meter dicken Stahl. Teure Spezialstähle oder meterdicke Betonwände benötigen wir nicht.

Wo sehen Sie für Copenhagen Atomics die grössten Herausforderungen oder mögliche Stolpersteine auf dem Weg zum Markteintritt seines Reaktors?

Die grösste Herausforderung ist die Lizenzierung des Reaktors mit dem Erhalt der notwendigen Genehmigungen. Aktuell ist die Lizenzierung in den USA sehr kompliziert und kann Jahre dauern. So langsam bewegt sich aber etwas. Auch in Europa wird das die grösste Hürde sein. Vielleicht klappt es, dass wir zuerst in den indonesischen Markt einsteigen und dort Ammoniak herstellen und nachher nach Europa kommen. Wir bräuchten eine Typengenehmigung, damit das Sinn macht. Wir möchten in jedem Land, wo wir sinnvolle Chancen sehen und weiterkommen wollen, eine Firma gründen und das ganze Genehmigungsverfahren selbst durchziehen und auch da wieder hinzulernen für weitere Genehmigungsverfahren.

Der 73-jährige Wirtschaftsingenieur **Wilfried Hahn** aus Schonach im Schwarzwald war über 40 Jahre Geschäftsführer des Unternehmens Wiha Werkzeuge GmbH. Er übernahm es von seinem Vater und hat es inzwischen an seinen Sohn Wilhelm weitergegeben. So bleibt dem Mitglied des Nuklearforums viel Zeit, seinen Interessen wie der Atomkraft nachzugehen. Hahn ist der Autor des Buchs «Kernenergie jetzt?! Warum uns die Energiewende Wohlstand und Frieden kostet» (ISBN: 978-3-98617-059-2).

In unserem Podcast NucleoTalk erfahren Sie mehr über den deutschen Unternehmer und Autor.



Wilfried Hahn (Aufsichtsrat Copenhagen Atomics) mit seinem Buch «Kernenergie jetzt?! Warum uns die Energiewende Wohlstand und Frieden kostet» und Lukas Aebi (Geschäftsführer Nuklearforum Schweiz). (Foto: Nuklearforum Schweiz)

Brennstoff für den Copenhagen Atomics Waste Burner

Leichtwasserreaktoren der Generation III/III+ nutzen festen Uran-Brennstoff mit einem Gehalt an spaltbarem Uran-235 von 4–5%. Im Reaktorbetrieb sinkt der Gehalt auf weniger als ein Prozent, wodurch das Brennelement ausgetauscht werden muss. In einem ausgedienten Brennelement liegen noch immer 95% Prozent Uran-238 vor. Nur wenige Prozent des Urans werden somit für die Energieproduktion genutzt. Zudem entstehen bei der Kernspaltung neben den Spaltprodukten auch Plutonium und geringe Mengen weiterer Transurane, die langlebig sind.

Der Flüssigsalzreaktor von Copenhagen Atomics gehört zur Generation IV und nutzt Thorium als Brennstoff, der im verflüssigten Salz FLiNaK gelöst ist. FLiNaK hat die chemische Zusammensetzung LiF-NaF-KF. Es wird bei 454 °C flüssig und bei 1570 °C gasförmig. Die Betriebstemperatur des Reaktors liegt bei 600 bis 700 °C. Das Salz ist korrosiv, solange es feucht ist, wodurch man vor einem Einsatz zuerst die darin enthaltene Feuchtigkeit entfernen muss.

Thorium kommt im Boden häufiger vor als Uran: Weltweit gibt es rund 500-mal mehr Thorium-232 als Uran-235. Thorium-232 wird mit thermischen Neutronen in das spaltbare Uran-233 umgewandelt. Der grösste Teil des Thoriums lässt sich so in Energie umwandeln. In Abwesenheit von Uran-238 fallen zudem kein Plutonium und keine langlebigen Transurane an, die bewirken, dass der hochaktive Abfall aus Leichtwasserreaktoren sehr lange gelagert werden muss. Ein weiterer Vorteil des Thoriumreaktors ist, dass der Brennstoff über fünf Jahre genutzt werden kann, ohne

ihn auszutauschen, wie bei den Uran-Brennelementen.

Um den Reaktor zu starten und die Umwandlung von Thorium-232 in das spaltbare Uran-233 in Gang zu setzen, wird ein Startbrennstoff benötigt, der genügend Neutronen abgibt. Der Reaktor von Copenhagen Atomics ist ein Waste Burner, das heisst er kann radioaktive Abfälle von Leichtwasserreaktoren verwerten. Dazu muss der verbrauchte Uran-Brennstoff vorab in seine Bestandteile aufgetrennt werden. Rund 4% davon sind die langlebigen Bestandteile Plutonium und die Transurane, die im Waste Burner als Startbrennstoff verwendet und «verbrannt» werden können, also in kurzlebigere Bestandteile umgewandelt werden können und dabei erst noch Energie liefern. Der radioaktive Abfall aus einem Thoriumreaktor hat also eine viel kürzere Lebensdauer: Die Spaltprodukte müssen nur um die 300 bis 500 Jahre herum sicher gelagert werden. Copenhagen Atomics plant, die neutronenabsorbierenden Spaltprodukte aus dem Flüssigsalz-Brennstoff-Gemisch fortlaufend zu entfernen, was zu einer besseren Neutronenausbeute führt.

Als Alternative zum Plutonium und den Transuranen kann Copenhagen Atomics seinen Reaktor aber auch mit einem Startbrennstoff in Betrieb nehmen, der mit 5% Uran-235 angereichert ist. Uran-238 wird in das spaltbare Plutonium-239 und gleichzeitig Thorium-232 in das spaltbare Uran-233 umgewandelt. Andere Konzepte arbeiten teilweise mit Uran-235-Anreicherungen von 20%, was in Europa bezüglich Bewilligungen viel anspruchsvoller ist.

Die Kernkraftwerke der Welt 2023

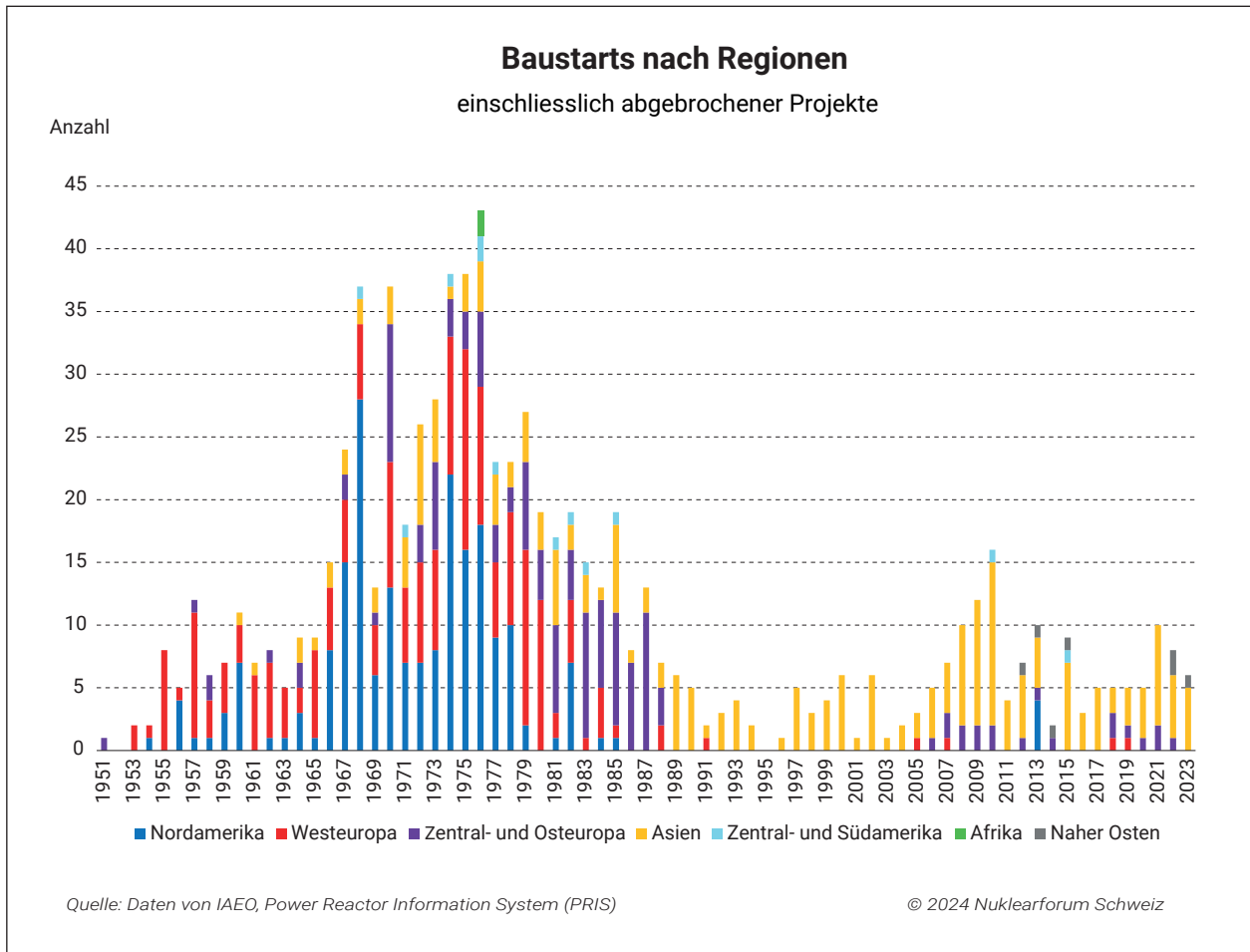
China hat im vergangenen Jahr die Tätigkeiten bei der nuklearen Stromproduktion dominiert. Das Land hat fünf neue Bauprojekte lanciert und einen Block in Betrieb genommen. Die Slowakei, die USA und Weissrussland haben je eine Einheit erstmals mit dem Netz synchronisiert, während Deutschland seine drei letzten Reaktoren endgültig abgeschaltet hat. Zudem haben Belgien und Taiwan je eine Einheit vom Netz genommen. Ferner hat Ägypten den Bau seines dritten Blocks begonnen. Japan seinerseits konnte zwei seit dem Reaktorunfall in Fukushima abgeschaltete Einheiten wieder ans Netz nehmen und hat nun wieder 12 seiner 33 Reaktoren in Betrieb. Der zivile Kernkraftwerkspark der Welt umfasste somit Ende 2023 gesamthaft 438 Reaktoren in 32 Ländern. Die installierte Nettoleistung sank leicht auf rund 392'700 MW (2022: 393'600 MW).

Im Jahr 2023 wurden fünf Kernkraftwerkseinheiten mit dem Stromnetz synchronisiert: Belarus-2 in Weissrussland wurde am 13. Mai 2023 erstmals an das nationale Stromnetz angeschlossen. Fangchenggang-3 – die ers-

te Hualong-One-Einheit im Westen Chinas – gab am 10. Januar Strom ans Netz ab. Am 31. Januar folgte Mochovce-3 in der Slowakei. Die Bauarbeiten dieser Einheit waren Mitte der 1980er-Jahre lanciert worden. Sie



Am Standort Vogtle ist seit dem 1. April 2023 der dritte Block am Netz. Die AP1000-Einheit ist die erste neue Inbetriebnahme in den USA seit 2016. (Foto: Georgia Power)



In den 1960er- und 1970er-Jahren boomte der Bau von Kernkraftwerken zunächst in Westeuropa und in Nordamerika. Zwischen 1975 und 1990 hat beispielsweise Frankreich 52 neue Kernreaktoren gebaut und ans Netz gebracht. In den 1980er-Jahren wurde vermehrt auch in Zentral- und Osteuropa gebaut. Der Reaktorunfall von Tschernobyl 1986 führte zu einem bedeutenden Rückgang von Baustarts. In den ersten Jahren danach wurden vor allem in Asien Neubauprojekte lanciert, nicht nur in China, sondern zum Beispiel auch in Indien und Südkorea. 2008 und 2009 nahm der Bau von Kernkraftwerken wieder zu – auch Russland nahm die Bautätigkeiten wieder auf – und wurde nach dem Reaktorunfall in Fukushima im Jahr 2011 fortgesetzt.

kamen aber Anfang der 1990er-Jahre aus Geldmangel ins Stocken. Vor gut zehn Jahren wurden die Bauaktivitäten wiederaufgenommen. Mochovce-3 ist vom russischen Typ WWER-440/V213, der modernisiert wurde. So wurden zahlreiche Verbesserungen an der Sicherheit vorgenommen, einschliesslich eines verbesserten Schutzes vor gezielten Flugzeugabstürzen und Massnahmen für das Notfallmanagement, die auf den Lehren aus dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi beruhen. In Südkorea wurde die fortgeschrittene Druckwasserreaktoreinheit vom einheimischen Typ APR-1400 Shin-Hanul-2 (früher Shin-Ulchin-2) ans Netz genommen.

Zudem nahm in den USA der erste Reaktor der fortgeschrittenen dritten Generation – Vogtle-3 – die Stromproduktion auf. Die AP1000-Einheit soll während 60 bis 80 Jahren sauberen Strom produzieren. In den USA stehen nun insgesamt 93 Kernkraftwerkseinheiten in Betrieb. Frankreich befindet sich auf Platz 2 mit 56 Einheiten, gefolgt von China mit 55 Einheiten und Russland mit 37.

Baustarts: fünf in China ...

Wie bereits im Jahr 2022 wurde auch 2023 fünf Mal erster Beton in China gegossen: vier CAP1000-Blöcke an

den Standorten Haiyang, Lianjiang, Sanmen und Xudabao und ein Hualong-One am Standort Lufeng. Der CAP1000 ist die von der amerikanischen AP1000 abgeleitete chinesische Auslegung. Lianjiang-1 soll im Jahr 2028 fertiggestellt und in Betrieb genommen werden. Der Reaktor ist für eine Betriebsdauer von 60 Jahren ausgelegt. Gemäss State Power Investment Corporation (SPIC) ist Lianjiang das erste Kernkraftwerksprojekt in China, bei dem eine Meerwasserkühlung im Sekundärkreislauf zum Einsatz kommt. Eine Neuheit für den Kernkraftwerksbau in China ist auch, dass ein «supergrosser» Kühlturm entwickelt und eingesetzt wird, was die Umweltfreundlichkeit von Kernkraftprojekten weiter verbessern soll. Haiyang-4 soll laut SPIC 2027 den Betrieb aufnehmen. Beim Bau von Sanmen-4 stützt sich die China National Nuclear Corporation (CNNC) hauptsächlich auf einheimische Fachkräfte. Die Lokalisierungsrate beträgt laut CNNC fast 70%. Nicht nur die Nuklearindustrie, sondern auch verwandte Branchen in Bereichen wie Metallurgie, Elektromechanik und Fertigung werden davon profitieren. Der offizielle Bau der Hualong-One-Einheit Xudabao-1 startete Mitte November 2023 als letztes Neubauprojekt Chinas des Jahres 2023.

... und einer in Ägypten

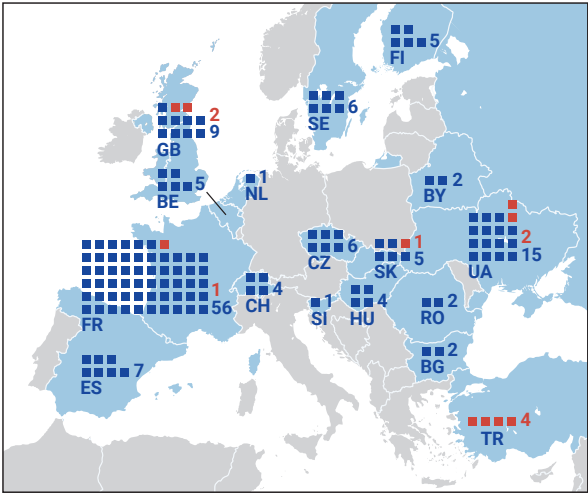
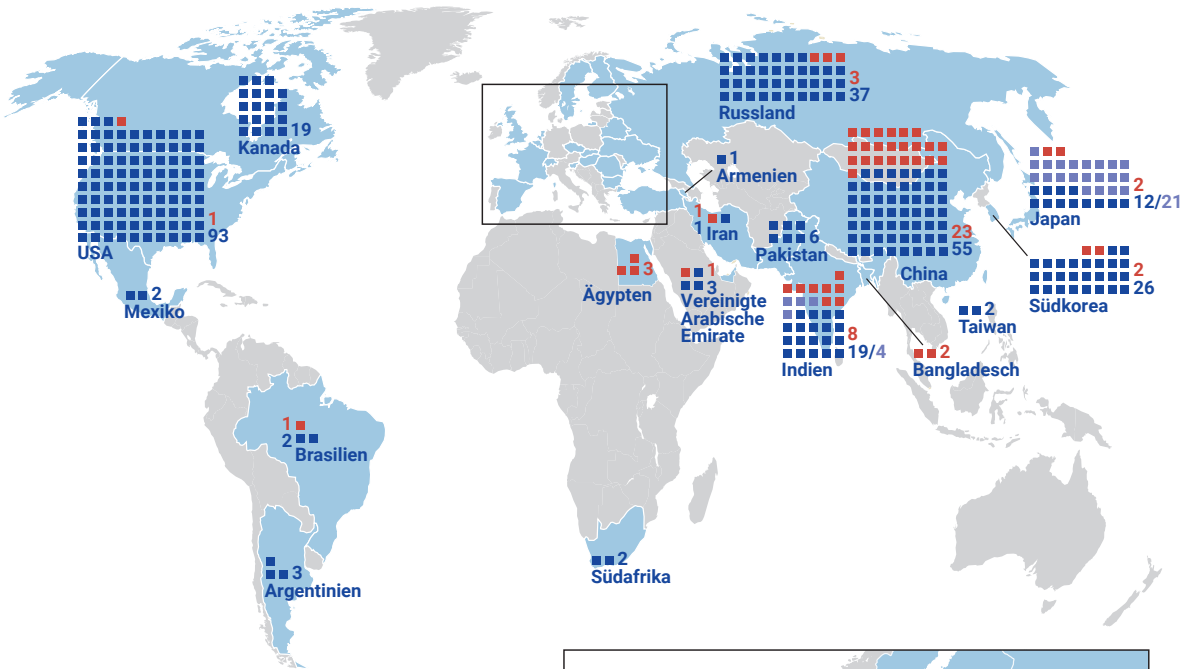
Am 3. Mai 2023 wurde mit dem Giessen des ersten Betons der Bau der Kernkraftwerkseinheit El-Dabaa-3 in Ägypten offiziell lanciert. El-Dabaa-3 ist nach El-Dabaa-1 und -2 der dritte von geplanten vier WWER-1200-Blö-

cken, die in Ägypten in Bau sind. Der Standort liegt rund 300 km westnordwestlich der Hauptstadt Kairo. Das Einsteigerland Ägypten wird beim Kernkraftwerksbau von Russland unterstützt. Gemäss den vertraglichen Verpflichtungen wird der russische Staatskonzern Rosatom nicht nur die Anlage bauen, sondern auch russischen Kernbrennstoff für den gesamten Lebenszyklus des Kernkraftwerks liefern sowie bei der Ausbildung des Personals behilflich sein und sie beim Betrieb und der Wartung in den ersten zehn Betriebsjahren des Kernkraftwerks unterstützen. Im Rahmen einer weiteren Vereinbarung wird die russische Seite ein spezielles Lager errichten und Behälter für die Lagerung ausgedienter Brennelemente liefern. Korea Hydro & Nuclear Power baut 80 Gebäude und liefert Material für den nicht nuklearen Teil der Anlage.

Fünf Stilllegungen

2023 vollendete Deutschland mit der Stilllegung seiner letzten drei Einheiten Emsland, Isar-2 und Neckarwestheim-2 den nach dem Reaktorunfall von Fukushima im Jahr 2011 beschlossenen Atomausstieg. Es mehren sich jedoch Stimmen, die den Wiedereinstieg fordern. Bis 2011 erzeugte Deutschland ein Viertel seines Stroms aus Atomkraft. Auch das belgische Werk Tihange-2 und Kuosheng-2 in Taiwan wurden aufgrund von politisch motivierten Ausstiegsbeschlüssen endgültig abgeschaltet. (M.A. nach IAEA, Datenbank PRIS und nuclearplanet.ch)

Kernkraftwerke der Welt



Stand: 31.12.2023

- Kernkraftwerke in Betrieb: 438
- davon im Betriebsstillstand: 25
- Gesamtleistung: ca. 392'700 MW
- Kernkraftwerke in Bau: 57
- Gesamtleistung: ca. 60'500 MW

© 2024 Nuklearforum Schweiz

Fusionsforschung in Deutschland

Im April 2023 ist Deutschland zwar aus der Kernspaltung ausgestiegen, führt die Forschung zur Kernfusion als «Hoffnungsträger» zur Deckung des steigenden Strombedarfs und als CO₂-neutrale Energiequelle weiter. Mit einem Förderprogramm investiert Deutschland bis 2028 über EUR 1 Mrd. in die Fusionsforschung. Ziel ist der Bau eines Fusionskraftwerks in Deutschland.

«Die Energiekrise hat uns vor Augen geführt, wie essenziell eine saubere, verlässliche und bezahlbare Energieversorgung ist. Fusion ist die riesige Chance, all unsere Energieprobleme zu lösen. Mit unserem neuen Förderprogramm wollen wir massiv und technologieoffen in Fusion investieren – insgesamt über eine Milliarde Euro in den nächsten fünf Jahren», liess die deutsche Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger in einer Videobotschaft aus dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) am 5. September 2023 verlauten. Sie wolle zusammen mit der Industrie ein «Fusionsökosystem» schaffen, damit ein Fusionskraftwerk

in Deutschland schnellstmöglich Wirklichkeit werde. «Die Frage ist nicht mehr, ob die Fusion kommt. Die Frage ist vielmehr, ob Deutschland dabei ist. Das ist mein Ziel.»

Gemäss der Bundesforschungsministerin soll die Forschungsförderung für Fusion mit zusätzlichen EUR 370 Mio. über die kommenden Jahre bis 2028 signifikant erhöht werden. «Zusammen mit bereits vorgesehenen Mitteln für die Forschungseinrichtungen stellt das BMBF damit bis 2028 über eine Milliarde Euro für die Fusionsforschung bereit.» Das BMBF werde damit technologieoffen sowohl die Magnet- als auch die Laserfusion fördern, so Bettina Stark-Watzinger. Grundlage für das Förderprogramm des BMBF ist ein im Juni 2023 veröffentlichtes Positionspapier zur Fusionsforschung. Darin werden die Rahmenbedingungen beschrieben, wie ein solches Fusionskraftwerk in Deutschland Wirklichkeit werden kann.

Nicht nur auf Bundesebene laufen Aktivitäten zur Förderung der Kernfusion. Auch der Freistaat Bayern, strebt Fusionskraftwerke an und stellte dazu Ende September 2023 seinen «Masterplan zur Förderung der Kernfusion und neuartiger Kerntechnologien» vor.

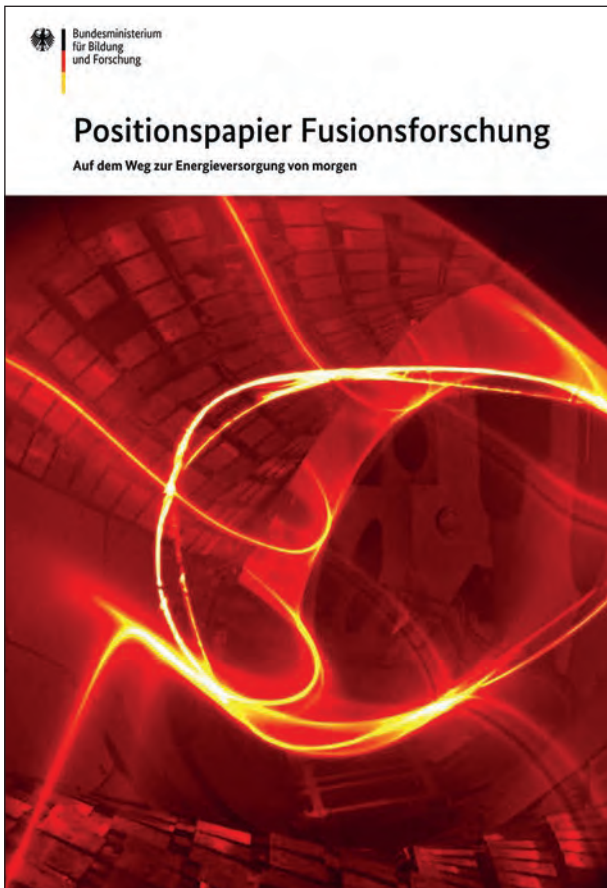
Deutschland: etabliert in der Magnetfusion mit Nachholbedarf bei der Laserfusion

In Deutschland wird seit Jahrzehnten in Forschungseinrichtungen an der Kernfusion geforscht, zumeist im Bereich der Magnetfusion: am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München, am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und am Forschungszentrum Jülich (FZJ). Diese Einrichtungen erhalten bereits Regierungsgelder.

Neben der Magnetfusion wird international auch an der Laserfusion geforscht und es gibt Fortschritte zu verzeichnen, wie beispielsweise Ende 2022 in den USA am



Die Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger will mit ihrem im September 2023 angekündigten Förderprogramm die deutsche Fusionsforschung bis 2028 mit insgesamt EUR 1 Mrd. fördern. Sie strebt den Bau eines Fusionskraftwerks in Deutschland an. (Foto: BMBF / Hans-Joachim Rickel)



Im Juni 2023 hat das BMBF sein «Positionspapier Fusionsforschung – Auf dem Weg zur Energieversorgung von morgen» veröffentlicht. Darin greift das Ministerium unter anderem den von der Expertenkommission zur Trägheitsfusion formulierten Bedarf für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Fusion auf und skizziert laufende sowie geplante Förderaktivitäten. (Foto: BMBF)

Lawrence Livermore National Laboratory. Forscher haben dort bei der Trägheitseinschluss-Fusionsforschung einen Durchbruch erzielt und es gab einen Nettoenergiegewinn. Solche Erfolge haben Deutschland dazu bewegen, auch in der Laserfusion aktiver zu werden und in einem ersten Schritt das deutsche Potenzial herauszuarbeiten. Im Mai 2023 nahm Ministerin Stark-Watzinger das Memorandum «Laser Inertial Fusion Energy» der von ihr beauftragten Expertenkommission zur Laserfusion entgegen und äusserte sich: «Deutschland hat bei der Zukunftsenergie Fusion viel beizutragen, insbesondere durch sein Know-how in der Lasertechnik. Wir müssen ideologiefrei und technologieoffen an das Thema herangehen.»

Das Memorandum beschreibt die Potenziale des Industrie- und Forschungsstandorts Deutschland mit Blick auf die Laserfusion und definiert den Bedarf zur weiteren Erforschung auf dem Weg zu einem ersten Fusionskraftwerk. Erkenntnisse daraus flossen auch in das oben erwähnte, im Juni 2023 veröffentlichte Positionspapier ein, das unter anderem die Entwicklung von Infrastruktur für die lasergetriebene Fusion in Deutschland voranbringen will. Gemäss Positionspapier und der Ankündigung des Förderprogramms im September 2023 wird das BMBF über die Agentur für Sprunginnovationen SPRIND die Tochtergesellschaft Pulsed Light Technologies GmbH gründen. Die Tochtergesellschaft wird bis 2028 bis zu EUR 90 Mio. in gemeinsame Projekte mit der Privatwirtschaft investieren.

Eine Projektförderung mit Einbinden der Industrie ist ein wichtiges Element im BMBF-Förderungsprogramm und soll die bestehende Förderung der etablierten grossen Fusionsforschungsinstitutionen ergänzen. «Bei der Weiterentwicklung der technologischen Ansätze soll der Reifegrad der benötigten Technologien unter Einbindung der Industrie (beispielsweise durch Verbundforschungsprojekte) gezielt gesteigert werden», schrieb das BMBF in seinem Positionspapier und ergänzte: «Diese [Public



Prof. Constantin Häfner, Leiter der BMBF-Expertenkommission zur Laserfusion, übergab Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger am 22. Mai 2023 das Memorandum zur laserbasierten Trägheitsfusion. (Foto: BMBF / Hans-Joachim Rickel)

Private Partnership] stellt den logischen nächsten Schritt dar, um das Know-how aus der Grundlagenforschung konsequent zu nutzen. Hier sollen Projekte zu konkreten Teiltechnologien in kooperativen Projekten zwischen Forschungseinrichtungen, Hochschulen und der Industrie durchgeführt werden.» Eine solche Art der Forschungsförderung habe sich bereits in anderen Technologiefeldern bewährt.

Deutschland anerkennt Vorteile der Kernfusion

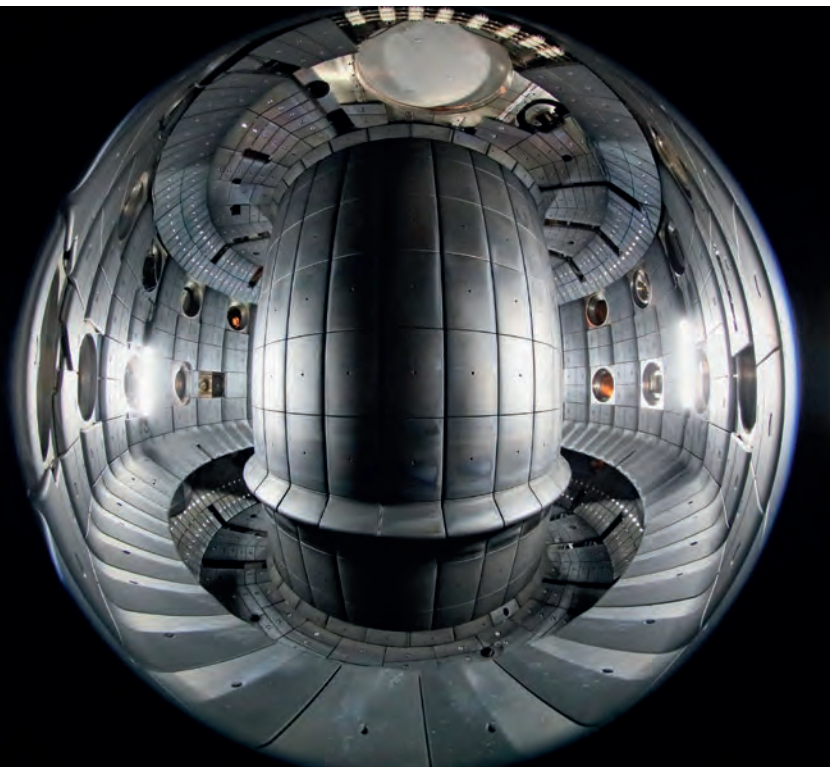
Wenn Deutschland eine Kerntechnologie wie die Fusion fördert und gleichzeitig seine Kernkraftwerke zur Energiegewinnung durch Kernspaltung abschaltet, muss die Fusion einige Vorteile haben. Das BMBF schreibt in seiner im Februar 2023 veröffentlichten «Zukunftsstrategie Forschung und Innovation»: «Die Erforschung der Fusionsenergie hat zum Ziel, eine nicht auf fossile Brennstoffe angewiesene, verlässliche und wirtschaftliche Energiequelle zu erschliessen. Die deutschen Fusionsforschungsaktivitäten liefern bereits jetzt wichtige Er-

Das Deutsche Museum mit Sitz in München bietet die Vortragsreihe «Wissenschaft für jedermann» zu gesellschaftlich relevanten Themen mit Beiträgen aus der Forschung an. Die einzelnen Vorträge von international renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gibt es in voller Länge auf dem gleichnamigen YouTube-Kanal. Der Physiker Prof. Hartmut Zohm vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching referierte am 29. November 2023 zum Thema «Kernfusionsforschung – Das Sternenfeuer auf die Erde holen». Dabei gab er eine ausführliche und gut verständliche Einführung in die Kernfusion. Nach einem Überblick über die Aktivitäten in Deutschland folgt auch ein Ausblick.

kenntnisse für eine perspektivisch mögliche Nutzung der Fusionsenergie in Kraftwerken. Somit ergänzt die langfristig ausgerichtete Fusionsforschung die Energieforschung für die Energiewende.»

Das BMBF sieht in seinem Positionspapier «die Fusion als Zukunftstechnologie für eine CO₂-neutrale Energiequelle» und als «Hoffnungsträger» zur Deckung des steigenden Strombedarfs: «Wir brauchen sichere, grundlastfähige, bezahlbare und CO₂-neutrale Energiequellen.» Somit könne man gegenwärtig noch nicht auf konventionelle Kraftwerke verzichten. Sonne und Wind seien nicht immer zuverlässige Energielieferanten. Insbesondere Industriestaaten mit ihrem hohen Energieverbrauch müssten auch zukünftig ihren Energiesektor diversifizieren. Es bedürfe neben den grünen Energien zusätzlicher Technologien, die grundlastfähig seien und den Strommix der Zukunft CO₂-neutral ergänzten. «Dazu kann neben Strom aus erneuerbaren Quellen und grünem Wasserstoff auch die Fusion einen Beitrag leisten.»

Das am 13. März 2024 vorgestellte Förderprogramm «Fusion 2040 – Forschung auf dem Weg zum Fusionskraftwerk» sieht vor, dass das erste Fusionskraftwerk in Deutschland bis Anfang der 2040er-Jahre gebaut werden soll.



Das Innere des Tokamak à configuration variable (TCV) der EPFL.
(Foto: Alain Herzog / EPFL)

Schweizer Fusionsforschung

Mit dem Swiss Plasma Center (SPC) an der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) verfügt auch die Schweiz über ein eigenes Plasma- und Fusionsforschungszentrum und einen eigenen Fusionsreaktor. Der Tokamak TCV (Tokamak à configuration variable) wurde 1992 auf dem Gelände der EPFL gebaut und feierte im September 2023 seinen 30. Geburtstag. Die Forschenden können mit der Anlage insbesondere, wie der Name es sagt, verschiedene Plasmaformen erzeugen und so die am besten geeignete Plasmakonfiguration zur Stromerzeugung für einen kommerziell genutzten Fusionsreaktor ermitteln.

«Das Swiss Plasma Center hat sich zum Ziel gesetzt, [den Internationalen Thermonuklearen Experimentalreaktor] Iter zum Erfolg zu führen, die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für [das zukünftige Demonstrationskraftwerk] Demo zu entwickeln, die nächsten Generationen von Fusionswissenschaftlern und -ingenieuren vorzubereiten und Plasma- und Fusions-Anwendungen für Industrie und Gesellschaft zu nutzen», erklärt Prof. Ambrogio Fasoli, Direktor des SPC, die Ziele des Forschungszentrums. Iter diene zur Demonstration der wissenschaftlichen und technologischen Machbarkeit der Fusion auf der Erde, während Demo beweisen werde, dass die Fusionsenergie kommerziell genutzt werden könne. Die Schweizer Fusionsforschung richtet sich auf ihren Beitrag zu den internationalen Projekten aus und will gleichzeitig die Beteiligung der Schweizer Industrie an diesen Projekten fördern.

Zeit für einen Rückblick, wie alles begann: Die Schweiz engagierte sich über ein 1978 abgeschlossenes Kooperationsübereinkommen zur gemeinsamen Forschung im Bereich Plasmaphysik und Kernfusion im Fusionsforschungspro-

gramm der Europäischen Atomgemeinschaft Euratom. Als Mitglied des europäischen Unternehmens Fusion for Energy war die Schweiz von 2007 bis 2020 am Bau des Iter beteiligt und zahlte dafür im selben Zeitraum CHF 274,5 Mio. an Euratom. Gleichzeitig hat Iter für Schweizer Unternehmen von 2007 bis 2019 zu Aufträgen in Höhe von CHF 190 Mio. geführt. Die Schweiz hat beim Iter-Projekt früh zentrale Aufgaben übernommen. So wurden beispielsweise alle supraleitenden Komponenten der Magnete von der Superconductivity Group des SPC im aargauischen Villigen getestet. Weiter ist der TCV seit 2015 eines der zentralen Experimente von EUROfusion, dem europäischen Konsortium, welches die Fusionsforschung in Europa organisiert. Nach dem Scheitern des Rahmenabkommens mit der EU im Jahr 2021 wurde die Schweiz zum nicht assoziierten Drittstaat bei Horizon Europe und damit auch beim Forschungs- und Ausbildungsprogramm von EUROfusion. Beim Bau von Iter betrachtet die EU die Schweiz vorderhand nicht mehr als Teilnehmerstaat. Dadurch dürfen auch Schweizer Industriefirmen sich nicht mehr (direkt) an Ausschreibungen zur Lieferung von Komponenten und Dienstleistungen im Zusammenhang mit Iter beteiligen.

Früher hat das SPC die Schweiz direkt bei EUROfusion vertreten. Als Übergangslösung konnte das SPC über den Koordinator des EUROfusion-Konsortiums – das deutsche Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) – assoziierter Partner werden. Die Mitarbeitenden können dadurch laut Ambrogio Fasoli nach wie vor an allen Forschungsaktivitäten teilnehmen und Zugang zu den Einrichtungen der anderen Länder haben. Es bedeutet aber auch, dass sie jetzt direkt von der Schweiz finanziert werden und nicht mehr über EUROfusion. *(M.A. nach verschiedenen Quellen)*



Verschiedene Verfahren bei der Kernfusion

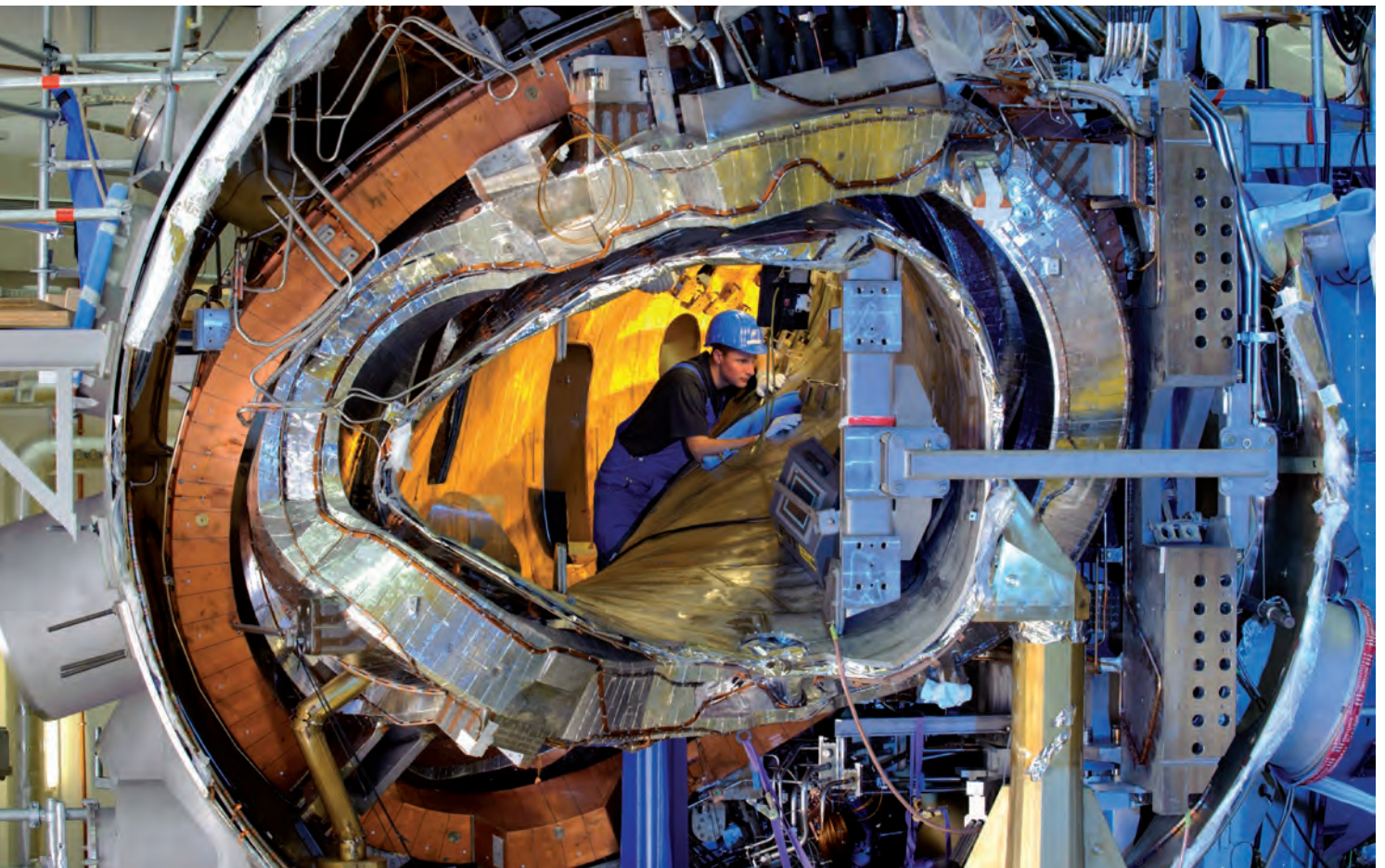
Die deutsche Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger plädiert für Technologieoffenheit bei der Fusionsforschung. Damit spricht sie die unterschiedlichen Verfahren an, um sonnenähnliche Bedingungen auf der Erde zu erreichen. Diese Verfahren sind die Magnetfusion und die Trägheitsfusion.

Stellaratoren und Tokamaks als Kraftwerke für die Magnetfusion

Beim geläufigsten Verfahren, der sogenannten Magnetfusion, wird das Fusionsplasma in einen Magnetkäfig eingesperrt und so von den Wänden des Reaktors fern-

gehalten. Auf der Erde ist die Fusion der beiden Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium am einfachsten durchzuführen, weshalb das Fusionsplasma solche Atomkerne als Brennstoff enthält. Mit Hilfe von Mikrowellen wird das Plasma auf weit mehr als 100 Millionen Grad Celsius erhitzt und so die notwendige Energie zugeführt, damit die Deuterium- und Tritium-Atomkerne miteinander verschmelzen können. Die bei der Fusionsreaktion freigesetzte Energie wird aufgefangen und via eine Turbine in Strom umgewandelt.

Nach dem Prinzip der Magnetfusion funktionieren die beiden vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)



Die Experimentieranlage Wendelstein 7-X am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Teilinstitut Greifswald, soll die «Kraftwerkstauglichkeit von Fusionsanlagen des Typs Stellarator demonstrieren.» Das erste Plasma wurde in der Anlage im Dezember 2015 erzeugt. Die Experimente sollen in erster Linie die Einschlusseigenschaften eines optimierten Stellarators sowie dessen kontinuierlicher Betrieb (Dauerbetrieb) untersuchen. Das Bild zeigt eines der Module während der Montage: Man erkennt das Plasmagefäß, eine Magnetspule, das Aussengefäß sowie zahlreiche Leitungen für Kühlmittel und Strom. (Foto: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wolfgang Filser)

betriebenen Anlagen. Dies sind der Tokamak ASDEX Upgrade («Axialsymmetrisches Divertor-Experiment») in Garching sowie der grösste Stellarator der Welt namens Wendelstein 7-X in Greifswald. Teilbereiche der Magnetfusion wie die Wechselwirkung zwischen Plasma und Reaktorwand, Materialermüdung, Magnete, Brennstoff-Kreislauf oder Wärme-Management werden auch am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und am Forschungszentrum Jülich (FZJ) untersucht. Der Internationale Thermonukleare Experimentalreaktor (ITER), der in Frankreich in Bau ist, basiert ebenfalls auf der Magnetfusion. Deutschland beteiligt sich daran via das europäische Konsortium EUROfusion.

Tokamaks und Stellaratoren unterscheiden sich hauptsächlich in ihrem Magnetfeld. Bei Stellaratoren erzeugen ausschliesslich aufwändig geformte, externe Spulen ein kompliziertes Magnetfeld zum Einschluss des Plasmas, das die Form eines verdrehten Bandes hat. Er kann im Dauerbetrieb arbeiten. Ein Tokamak arbeitet hingegen im Pulsbetrieb. Zusätzlich zu dem Magnetfeld, das mittels einfacherer aufgebauter Spulen erzeugt wird, braucht es beim Tokamak noch einen Transformator, der pulsweise einen Stromfluss im Donut-förmigen Plasma induziert und es stabil hält.

Trägheitsfusion mit Laserlicht und Projektilen

Neben bekannten Forschungseinrichtungen wie der National Ignition Facility des Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien forschen auch kleinere Start-ups an der Trägheitsfusion. Auch bei der Trägheitsfusion gibt es durch Beschuss durch Laserlicht oder einem Projektil zwei Methoden, wie man dem Fusionsbrennstoff

genügend Energie zuführen kann, um diesen zu komprimieren und so die Fusionsreaktion zu initiieren. In Europa und Deutschland gibt es laut Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) noch vergleichsweise wenig Aktivitäten – ausser in Frankreich und Grossbritannien.

Bei der Trägheitsfusion wird eine Brennstoffkugel mit einem Durchmesser von einem Millimeter einer intensiven Laser- oder Teilchenstrahlung ausgesetzt und aufgeheizt. Was dann passiert, erklärt der Physiker Prof. Justin Wark von der Universität Oxford: «Die Aussen-seite der Kugel verdampft und wird zu einem Plasma, das sich von der Oberfläche löst und eine implodierende «Kugelrakete» erzeugt, die in wenigen Milliardstel Sekunden Geschwindigkeiten von etwa 400 Kilometern pro Sekunde erreicht.» So werden die notwendige Dichte und Temperatur für eine Fusionsreaktion erreicht. Der anschliessende «Knall» im Zentrum der Kugel sei darauf ausgerichtet, dass in der Mitte ein heisser Funke entstehe, und die Dichte des komprimierten Brennstoffs, der den Funken umgibt, so gross sei, dass die Kernfusionsreaktion in etwa einer Zehntelmilliardstel Sekunde ablaufe – schneller, als die winzige heisse Kugel auseinanderfliegen könne. «Sie [die Kugel] wird also durch ihre eigene Trägheit eingeschlossen, weshalb diese Fusionsmethode als Trägheitsfusion bezeichnet wird», so Professor Wark.

Ein Teilbereich der Trägheitsfusion ist die Projektilfusion, bei der eine Brennstoffkugel nicht mit Strahlung, sondern einem Projektil beschossen wird, um die Fusionsreaktion zu initiieren. (B.G. nach verschiedenen Quellen)

VAE: Neueinstieg nach Plan

Die Vereinigten Arabischen Emirate (VAE) haben ihre ersten Kernkraftwerkseinheiten am Standort Barakah in jeweils acht Jahren gebaut. Dabei setzten sie auf akribische Planung und internationale Expertise. Weitere Einheiten dürften folgen.

Während die jüngsten Bauprojekte der westlichen Nuklearindustrie mehrfach mit Überschreitungen von Zeitplan und Budget zu reden geben, sind die VAE mit hohem Tempo in die Kernenergienutzung eingestiegen. Die erste von vier Einheiten am Standort Barakah hat 2020, acht Jahre nach dem Giessen des ersten Betons, ihren Betrieb aufgenommen. Barakah-4 wurde als vierte und letzte Kernkraftwerkseinheit am Standort am 1. März 2024 kritisch gefahren.

Kernenergieprogramm in den VAE

Seinen Ursprung hatte das Neubauprojekt 2003, als die VAE und die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) ein Safeguards-Abkommen ratifizierten. Mitte 2008 ernannte das Land einen Botschafter bei der IAEO. Im April 2008 veröffentlichten die VAE eine umfassende Strategie für die Kernenergie. Darin wurde ein steigender Bedarf an Stromerzeugungskapazität von 15,5 GW im Jahr 2008 auf über 40 GW im Jahr 2020 prognostiziert. Importierte Kohle wurde als zu umweltschädlich und zu unsicher eingestuft und der mögliche Anteil erneuerbarer Energien bis 2020 auf 6–7% des benötigten Stroms geschätzt. Die Kernenergie bezeichnete das Strategiepapier «als bewährte, ökologisch vielversprechende und kommerziell wettbewerbsfähige Option, die einen bedeutenden Beitrag zur Grundlastversorgung der VAE und zur künftigen Energiesicherheit leisten könnte».

Der Strategie folgten die Schaffung des rechtlichen Rahmens und die Standortwahl, die auf Barakah fiel, 250 km westlich der Stadt Abu Dhabi. Als Inhaberin und Lizenznehmerin fungierte die 2009 gegründete Emirates Nuclear Energy Corporation (Enec). Von ursprünglich neun eingeladenen Reaktorherstellern holte die Enec bis Mitte 2009 von dreien Angebote ein: von der französischen Areva mit Suez und Total, die den EPR vorschlugen, der amerikanischen GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) mit dem ABWR und von einem südkoreanischen Konsortium mit dem APR-1400. Im Dezember 2009 gab die Enec bekannt, das von der Korea Electric Power Corp. (Kepco) geführte Konsortium für vier APR-1400-Reaktoren aus-

gewählt zu haben. Die Kepco gab später an, dass sie den Zuschlag erhalten habe, weil sie gegenüber der starken Konkurrenz «nachweislich den höchsten Kapazitätsfaktor, die niedrigsten Baukosten und die kürzeste Bauzeit» unter den Bietern vorgewiesen hätte. Die VAE gehen davon aus, dass die vier 1400-MW-Kernkraftwerkseinheiten in Barakah bis zu 25% des Strombedarfs der VAE decken werden und dies zu einem Viertel der Kosten im Vergleich zu Gas.

Zehn Jahre von der Umweltverträglichkeitsprüfung zur Inbetriebnahme

Im April 2010 reichte die Enec bei der Federal Authority of Nuclear Regulation (FANR) Genehmigungsanträge und eine Umweltverträglichkeitsprüfung für Barakah ein. Bei der Standortbewertung für die vier Reaktoren waren zehn potenzielle Standorte in Betracht gezogen worden, wobei die FANR sowie das amerikanische Electric Power Research Institute, die Nuclear Regulatory Commission (NRC) und die IAEO zu Rate gezogen wurden. Im Juli 2010 erhielt Enec von der FANR eine Standortvorbereitungsgenehmigung für Barakah und eine begrenzte Baugenehmigung zur Herstellung von Hauptkomponenten für vier Blöcke. Nach der Baugenehmigung der Umweltbehörde von Abu Dhabi folgte im März 2011 der erste Spatenstich. Die Anträge auf Baugenehmigung basierten auf der Sicherheitsanalyse für Shin-Kori-3 und -4 von Kepco in Südkorea, die als Referenzanlagen für die Anlagen in Barakah dienen. Das Meerwasser im Golf von Barakah hat eine Temperatur von etwa 35 °C, was zu einem geringeren thermischen Wirkungsgrad führt als bei den Referenzanlagen in Shin-Kori, wo das Meer eine Temperatur von etwa 27 °C hat. Deshalb waren für Barakah grössere Wärmetauscher und Kondensatoren erforderlich. Unterschiede bestehen neben der Kühlung auch im 50-Hz-Output statt 60-Hz in Südkorea und bei der Nettoleistung. Die Barakah-Reaktoren haben eine Nettoleistung von jeweils 1345 MW_e, Shin-Kori-3 und -4 jeweils 1383 MW_e.

Im Dezember 2010 reichte Enec einen 9000 Seiten umfassenden Antrag auf Baugenehmigung für die Blöcke 1



Die vier Einheiten des Kernkraftwerks Barakah wurden in einer Bauzeit von jeweils rund acht Jahren fertiggestellt. (Foto: Enec)

und 2 ein. Die FANR erteilte diese Genehmigung Mitte Juli 2012. An der 18-monatigen Überprüfung waren mehr als 60 FANR-Mitarbeitende und drei internationale Beratungsfirmen sowie die IAEA beteiligt. Dabei wurden auch Änderungen berücksichtigt, die sich aus dem Reaktorunfall in Fukushima ergaben. Der Bau von Block 1 wurde im Juli 2012 lanciert und von Block 2 im April 2013. Für die Blöcke 3 und 4 reichte die Enec im März 2013 einen 10'000 Seiten umfassenden Antrag ein, der auf dem Antrag für die Blöcke 1 und 2 basierte und Mitte September 2014 genehmigt wurde. Mit dem Bau von Block 3 wurde eine Woche später begonnen, Block 4 folgte Ende Juli 2015.

Sprachbarrieren als Verzögerungsgrund

Der kommerzielle Betrieb der vier Blöcke wurde ursprünglich für 2017, 2018, 2019 und 2020 erwartet. Im März 2015 beantragte die Enec eine Betriebsgenehmigung für die Blöcke 1 und 2. Ein Pre-Operational Safety Review Team (Pre-OSART) der IAEA gab im Oktober 2017 einen positiven Bericht ab, und die Nawah Energy Company beantragte eine OSART-Folgemitteilung. Die Nawah Energy Company war im Mai 2016 als Betreiberfirma von Barakah gegründet worden und wird zu 82% von Enec und zu 18% von Kepco gehalten. Block 1 sollte im August 2017 mit Brennstoff beladen werden, aber Anfang 2017 wurde die Inbetriebnahme auf 2018 verschoben. Im Anschluss an einen früheren Sicherheitsbewertungsbericht schloss Nawah Anfang 2018 eine

umfassende Überprüfung der Betriebsbereitschaft (ORR) ab. Da jedoch die FANR dabei mehr als 400 negative Feststellungen machte, wurde die Inbetriebnahme weiter verschoben. Ein grundlegendes Problem, das zu einigen der Feststellungen des ORR in Bezug auf die Sicherheit beitrug, beruhte auf der Notwendigkeit, Englischkenntnisse zur Verständigung zwischen arabisch und koreanisch sprechendem Personal zu entwickeln.

Im Juli 2018 gewährte das Energieministerium der VAE eine Stromerzeugungslizenz für die vier Blöcke in Barakah. Im Februar 2020 erteilte die FANR die Betriebsgenehmigung für Block 1. Kurz darauf wurde mit der Brennstoffbeladung begonnen, und der Block wurde im August 2020 ans Netz angeschlossen, erreichte im Dezember 2020 seine volle Leistung und nahm im April 2021 den kommerziellen Betrieb auf. Die Enec gab im Juli 2020 die Fertigstellung von Block 2 bekannt, erhielt im März 2021 die Betriebsgenehmigung und startete sogleich die Brennstoffbeladung. Im August 2021 wurde Block 2 in Betrieb genommen und einen Monat später an das Netz angeschlossen. Im November 2021 war der Bau von Block 3 abgeschlossen. Die Betriebsgenehmigung erfolgte im Juni 2022 und im Oktober 2022 ging der dritte Reaktor erstmals ans Netz. Seit Februar 2023 läuft er im kommerziellen Betrieb. Die Brennstoffbeladung von Barakah-4 wurde im Dezember 2023 abgeschlossen. Danach konnte er am 1. März 2024 erstmal kritisch gefahren werden. →

Schnelle Umsetzung, gute Noten

Als die VAE 2008 die Umsetzung ihres Kernenergieprogramm lancierten, wurde die Auffassung vertreten, dass solche neuen Programme schrittweise und langsam entwickelt werden. Die VAE sind schnell vorangekommen, indem sie eine Reihe von Massnahmen parallel durchgeführt, anfangs erfahrene ausländische Fachkräfte eingesetzt und mit Fortschreiten des Projekts eigenes Personal ausgebildet haben. Zusätzlich vorteilhaft war ein erfahrener Reaktor- und Kraftwerksbauer, der zuvor bereits nachweislich pünktlich und innerhalb des Budgets gearbeitet hatte. Eine IAEA-Mission zur Überprüfung der nuklearen Infrastruktur (Integrated Nuclear Infrastructure Review, INIR) in den VAE berichtete im Januar 2011, dass die VAE den von der IAEA für solche Länder empfohlenen umfassenden «Meilenstein-Ansatz» verfolgt hätten. Zu den von der Mission ermittelten bewährten Verfahren gehörten die Zusammenarbeit zwischen den Aufsichtsbehörden und den Versorgungsunternehmen, ohne deren Unabhängigkeit zu beeinträchtigen, die Entwicklung der Human Resources, ein gut strukturiertes

Managementsystem und eine starke Sicherheitskultur. Zudem ist die EneC dem Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber (WANO) beigetreten, um von Anfang an von dessen Peer-Review-Verfahren zu profitieren und so hohe Sicherheitsstandards zu gewährleisten.

Weitere nukleare Pläne

Ab 2010 setzte die EneC die Verhandlungen mit den unterlegenen Bietern Areva und GE Hitachi über eine Zusammenarbeit in verwandten Nuklearbereichen fort. Im November 2013 gab die Dubai Electricity & Water Authority bekannt, dass sie sich zum Ziel gesetzt hat, bis zum Jahr 2030 12% ihrer Stromversorgungskapazität aus Kernkraft zu gewinnen, und zwar in erster Linie aus dem Kernkraftwerk Barakah in Abu Dhabi, möglicherweise aber auch aus einem neuen Kernkraftwerk in Dubai. Dieses Ziel ist in Dubais integrierter Energiestrategie 2030 enthalten. Die im Januar 2017 angekündigte neue Strategie für saubere Energie in den VAE sieht bis 2050 Investitionen in Höhe von USD 163 Mrd. vor, um 44% der Energie aus erneuerbaren Quellen, 6% aus Kernenergie, 38% aus Gas und 12% aus sauberer Kohle zu gewinnen. Die Strategie für saubere Energie in Dubai 2050 ist weniger ehrgeizig und zielt auf 25% Solarenergie, 7% Kernenergie, 61% Gas und 7% saubere Kohle bis 2030 ab. In einem Interview mit dem Podcast «Decouple» gab EneC-CEO Mohamed Al Hammadi im Übrigen zu verstehen, dass der Standort Barakah ursprünglich für acht Reaktoren ausgelegt und die entsprechende Anzahl Kühlwasserkanäle gebaut wurden.

Am 1. März 2024 gab EneC bekannt, dass sie mit den in Barakah gemachten Erfahrungen und dem hinzugewonnenen Wissen andere Länder beim Aufbau neuer Kernkraftwerkskapazitäten unterstützen werde. Gleichzeitig werde man auch den Kernenergiesektor der VAE ausbauen, indem die Forschung und Entwicklung vorangetrieben und die neuesten Kernenergie-technologien eingesetzt werden sollen. Dazu gehören laut EneC kleine, modulare Reaktoren (SMRs) und fortgeschrittene Reaktoren zur Erzeugung von sauberem Strom, Wasserstoff und Ammoniak sowie zur Bereitstellung von Prozesswärme für verschiedene Industriezweige. (M.Re. nach WNA, Country Profile, Januar 2024 und EneC, Februar 2024 und 1. März 2024 sowie Decouple, 10. März 2023)



Um ihren rasant steigenden Strombedarf zu decken, setzen die Vereinigten Arabischen Emirate (im Bild Abu Dhabi) unter anderem auf Kernenergie. (Foto: Martin Lewison/Flickr)

Mantelerlass und Blackout-Initiative sind keine Gegensätze



Jean-Philippe Kohl

Vizedirektor und Leiter Wirtschaftspolitik Swissmem

Auf der energiepolitischen Agenda stehen zwei Vorlagen, die auf den ersten Blick als fundamentale Gegensätze wahrgenommen werden könnten – der Mantelerlass, über den am 9. Juni 2024 abgestimmt wird, und die Blackout-Initiative, die vor kurzem eingereicht worden ist. Das trifft jedoch nicht zu. Für eine sichere, wirtschaftlich tragbare und klimaneutrale Stromproduktion braucht es sowohl mehr Erneuerbare als auch die Aufhebung des KKW-Neubauverbots.

Der Mantelerlass zielt bekanntlich darauf ab, die inländische Stromproduktion insbesondere aus Wasserkraft, Photovoltaik und Windenergie mit gezielten Unterstützungsmassnahmen (Subventionen, Verfahrensbeschleunigungen) massiv zu steigern. Angesichts der fortschreitenden Dekarbonisierung und damit zunehmenden Elektrifizierung sowie der zunehmenden Winter-Importabhängigkeit ist ein Zubau im Inland dringend nötig. Dem Stromimport sind systemtechnische Grenzen gesetzt. Zudem sollten wir uns nicht allzu fest dar-

auf verlassen, dass unsere Nachbarstaaten auch längerfristig im Winter strukturell Strom exportieren können. Diese Länder stehen nämlich vor der gleichen Herausforderung zur Dekarbonisierung wie die Schweiz mit ihrem entsprechenden Mehrbedarf an Strom.

Gegen den Mantelerlass ist aus landschaftsschützerischen Kreisen das Referendum ergriffen worden. Hauptkritikpunkt ist die Beeinträchtigung des Natur- und Landschaftsschutzes, wenn Grossanlagen wie alpine PV-Anlagen oder Windparks errichtet werden. Das ist widersprüchlich und untergräbt deren Glaubwürdigkeit, sind es doch teilweise die gleichen Kreise, die – grundsätzlich, jedoch losgelöst von spezifischen Projekten – stets die Förderung der Erneuerbaren verlangen.

Trotzdem muss die Argumentation der Gegner des Mantelerlasses ernst genommen werden. Die Schweiz hat ein Winterstromproblem. Sollen die Erneuerbaren wie PV und Wind wirklich einen Beitrag zur Stromproduktion im Winter leisten, dann werden diese Anlagen aus meteorologischen Gründen typischerweise in den Bergen stehen müssen (oberhalb der Nebelgrenze, mehr Wind im Alpenraum). Das Landschaftsbild wird dadurch grundsätzlich verändert. →

Jean-Philippe Kohl studierte Volkswirtschaftslehre an der Universität Zürich und promovierte 1996 an der Universität Basel. Danach arbeitete er bis im Jahr 2000 in der Abteilung Wirtschaftspolitik des Migros-Genossenschaftsbundes in Zürich. Anschliessend war Kohl bis 2008 als stv. Generalsekretär der Finanzdirektion des Kantons Bern tätig. Seit 2008 ist er Vizedirektor und Leiter Wirtschaftspolitik bei Swissmem. Er hat zudem seit 2003 einen Lehrauftrag an der Hochschule für Wirtschaft der FHNW in Brugg-Windisch.

Landschaftsschutz folgt einem subjektiven Empfinden, ist also letztlich Geschmackssache. Es mag Ausnahmen geben, die meisten Menschen scheinen solche Grossanlagen jedoch als «Landschaftsverschandelung» zu betrachten. Nur so lässt sich der massive lokale Widerstand gegen konkrete Projekte erklären. Verschiedene Windkraftprojekte wie auch alpine PV-Grossanlagen sind bereits gescheitert. Dieser Widerstand ist nicht etwa ein Phänomen, das sich auf die Land- und Bergbevölkerung beschränkt. Würde man beispielsweise im Seebecken der Stadt Zürich einen Windpark erstellen wollen, würde sich die ansässige Bevölkerung genauso wehren.

Die heutige Diskussion um den Natur- und Landschaftsschutz wäre ohne den Abbruch der Pläne für den Bau von zwei neuen Kernkraftwerken nach Fukushima 2011 kaum entstanden. Rechnet man mit einer Realisierungszeit von 20 Jahren, hätte man diese Werke Mitte der 30er-Jahre in Betrieb nehmen können. Ein Zubau von PV und Wind im Gebirge hätte sich erübrigt.

Die mit den erneuerbaren Grossanlagen verbundene «Landschaftsverschandelung» ist somit der «Preis» für den damaligen Atomausstieg. Allerdings hilft es nicht, den Mantelerlass heute abzulehnen und einzig auf Kernkraft zu setzen. Das passt auf der Zeitachse nicht zusammen. Die Gesellschaft wie auch die Industrie brauchen kurz- bis mittelfristig rascher mehr Strom als mit neuen Kernkraftwerken produziert werden könnte, bis diese dann errichtet sind. Im Wissen um diese «Pfadabhängigkeit» der damaligen politischen Entscheidung, die sich unterdessen als nicht weitsichtig herausstellt, unterstützt Swissmem den Mantelerlass.

Langfristig betrachtet besteht sehr wohl die Möglichkeit, wenigstens das Ausmass der «Landschaftsverschandelung» zu begrenzen. Dazu gehört erstens, dass die bestehenden Kernkraftwerke so lange wie sicher am Netz bleiben. Und zweitens ist das Neubauverbot für Kernkraftwerke aufzuheben. Diese Stossrichtung ist eines der Kernanliegen der Blackout-Initiative.

Swissmem steht als Verband der Tech-Industrie seit jeher für Technologieoffenheit ein und hat das Neubauverbot für Kernkraftwerke stets abgelehnt. Die internationale Entwicklung zeigt klar, dass Kernenergie nebst den

Erneuerbaren als Standbein einer klimaneutralen Stromproduktion mitzuberücksichtigen ist. Da jede Produktionsform ihre spezifischen Vor- und Nachteile hat, ist es für ein robustes System am besten, die ganze Klaviatur klimaneutraler Stromerzeugungstechnologien zu berücksichtigen. Spätestens mit der altersbedingten Ausserbetriebnahme der grossen Kernkraftwerke in Gösgen und Leibstadt sollten neue nukleare Kapazitäten zur Verfügung stehen.

Mit der Aufhebung des Neubauverbots sollte auch nicht zugewartet werden:

1. Solange ein Neubauverbot besteht, werden sich tatsächlich keine Investoren für neue Kernkraftwerke finden lassen. Weshalb sollen sich Investoren mit Projekten befassen, die gar nicht realisiert werden dürfen? Irgendwie logisch!
2. Es ist ein wichtiges Signal in den Arbeitsmarkt, dass die Nuklearindustrie kein politisch verordnetes Ablaufdatum hat. Es braucht qualifizierte Arbeitskräfte sowohl für den Langzeitbetrieb der bestehenden Kraftwerke als auch für den Betrieb von neuen Anlagen. Über kurz oder lang wird die Schweiz ihren eigenen Nachwuchs sicherstellen müssen.
3. Nuklearforschung ist wichtig und ergibt nur Sinn, wenn sie vor Ort auch genutzt und umgesetzt werden kann. Das heutige Schattendasein genügt nicht.
4. Die Vorlaufzeiten zur Realisierung neuer Kernkraftwerke bleiben lang, selbst wenn es gelingen sollte, diese mit Verfahrensbeschleunigungen wie bei Photovoltaik- oder Windanlagen sowie beim Netzausbau zu verkürzen.
5. Eine vorgängige gesellschaftliche Diskussion ist wichtig und unumgänglich. Die Aufhebung des Neubauverbots ist weit mehr als eine gesetzgeberische Formalie. Es ist ein Paradigmenwechsel, dass Kernenergie genauso wie die Erneuerbaren als Teil der Lösung für Netto-Null zu betrachten sind.

Wer meint, diese Diskussion komme zum falschen Zeitpunkt oder zu früh, hat Angst vor der Diskussion. Gerade die Debatte um den Mantelerlass bringt die Zielkonflikte bei der Stromerzeugung augenscheinlich zum Ausdruck. Besser früher als später soll die Gesellschaft ihre Optionen zur Stromerzeugung auf Basis von Technologieoffenheit erweitern können.

Der Mantelerlass – eine Chronologie

Der Bundesrat legte im Sommer 2021 dem Parlament die Botschaft zum «Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien» (Mantelerlass) vor. Der Mantelerlass umfasst ein Gesetzespaket zur Revision des Stromversorgungs- und des Energiegesetzes. Nach über zweijähriger Beratung bereinigten National- und Ständerat die letzten Differenzen und der Mantelerlass wurde in der Herbstsession 2023 verabschiedet.

Im Oktober 2023 ergriff die Fondation Franz Weber (FFW) zusammen mit kleineren Organisationen das Referendum gegen die Vorlage. Der Mantel-

erlass gebe Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien Vorrang vor Natur- und Landschaftsschutz. Auch wenn der Mantelerlass positive Aspekte aufweise, sei der neue Vorrang inakzeptabel, begründeten sie ihren Schritt.

Laut Bundeskanzlei reichte das von der FFW angeführte Referendumskomitee «Landschaftsschutz statt Mantelerlass» im Januar 2024 fristgerecht 63'277 gültige Unterschriften ein. Für das Zustandekommen eines Referendums sind 50'000 Unterschriften nötig. Die Volksabstimmung wurde auf den 9. Juni 2024 festgelegt. (M.A.)



«Der Mantelerlass erlaubt es, die Landschaft zu schützen und gleichzeitig unsere Stromversorgung zu sichern», sagte Bundesrat Albert Rösti am Stromkongress 2024. (Foto: VSE via X)

Es ist auch keine Frage der parteipolitischen Couleur, wie die Diskussion um die Kernkraft bei grünen Parteien in Europa zeigt. «Weniger Deutschland und mehr Finnland» würde auch der Schweiz gut anstehen. In diesem Sinne Ja zum Mantelerlass und Ja zur Aufhebung des KKW-Neubauverbots.

Die Aussagen von Gastautoren entsprechen nicht zwingend den Standpunkten des Nuklearforums Schweiz.

Schweiz

Der Bundesrat genehmigt das **Entsorgungsprogramm 2021** der Nagra, welches den aktuellen Stand der Arbeiten auf dem Weg zum Schweizer Tiefenlager beschreibt. Zudem legt er Auflagen für das nächste Entsorgungsprogramm 2026 fest.



Das Jahrhundertprojekt Tiefenlager der Nagra ist weiterhin auf Kurs. (Foto: Nagra)

Mitte Dezember 2023 werden **drei Transport- und Lagerbehälter** vom Kernkraftwerk Leibstadt in das Zentrale Zwischenlager (Zwilag) überführt und in der Behälterlagerhalle eingelagert.



Blick in die Behälterlagerhalle des Zwilags in Würenlingen. Sie dient der Aufnahme von verglasten, hochaktiven Abfällen aus den Wiederaufarbeitungsanlagen und von ausgedienten Brennelementen aus den schweizerischen Kernkraftwerken. (Foto: Zwilag)

Die Schweiz zeigt sich zuversichtlich in Bezug auf das Tiefenlager für radioaktive Abfälle. Die Akzeptanz ist schweizweit und in der betroffenen Tiefenlagerregion Nördlich Lägern hoch. Dies geht aus einer nationalen und **repräsentativen Umfrage** hervor.

Im Jahr 2023 produziert das Kernkraftwerk **Gösgen** netto 8049 GWh Strom (2022: 7964 GWh). Die Anlage hat dabei an 336 Tagen sicher und zuverlässig Strom ins Schweizer Netz geliefert.

Das Kernkraftwerk **Leibstadt** verzeichnet im Jahr 2023 mit einer Nettoproduktion von 9677 GWh Strom die dritthöchste Nettostromproduktion in seiner 40-jährigen Betriebsgeschichte.



Das Kernkraftwerk erreicht erneut eine Rekord-Stromproduktion. (Foto: Kernkraftwerk Leibstadt)

Über 29'000 Personen besuchen 2023 die **Besucherzentren** der drei Kernkraftwerke und des Zwischenlagers Zwilag. Das Interesse der Bevölkerung an den Schweizer Kernanlagen ist damit 2023 deutlich gestiegen – um rund 20% im Vergleich zum Vorjahr.

Am Rande des Weltwirtschaftsforums in Davos äussert sich der Direktor der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), **Rafael Grossi**, sehr positiv zu den Schweizer Kernkraftwerken und lobt die hohen Sicherheitsstandards.



Rafael Grossi ist überzeugt, dass die Schweizer Kernkraftwerke noch lange betrieben werden können. (Foto: World Economic Forum)

International

Die französische Ministerin für Energiewende, **Agnès Panier-Runacher**, sagt in einem Interview gegenüber La Tribune Dimanche, dass in Frankreich «Atomenergie jenseits der ersten sechs EPR2 benötigt wird».



Der Gesetzentwurf zur Energiesouveränität Frankreichs, den die Ministerin für Energiewende Agnès Panier-Runacher ins Parlament einbringen wird, hat zum Ziel den Ausstieg aus der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern festzuschreiben. (Foto: Agnès Panier-Runacher auf X)

Die **britische Regierung** legt ehrgeizige Pläne für den Ausbau der Kernenergie vor, die den grössten Kernkraftausbau seit 70 Jahren darstellen. Bis zum Jahr 2050 sollen etwa elf neue Reaktoren gebaut werden, um ein Viertel des nationalen Strombedarfs zu decken.

Die **spanische Regierung** veröffentlicht am 27. Dezember 2023 einen Zeitplan für den Kernenergieausstieg. Demnach sollen die sieben derzeit in Betrieb stehenden Einheiten zwischen 2027 und 2035 vom Netz genommen werden.



Fahrplan für Atomausstieg beschlossen: Die Doppelblockanlage Almaraz in Spanien soll – als erstes Kernkraftwerk des Landes – nach Ablauf ihrer Betriebsbewilligungen 2027 und 2028 endgültig vom Netz genommen werden. (Foto: Foro Nuclear)

In **Estland** prüft eine Arbeitsgruppe mit Vertretern der Regierung einen möglichen Einstieg des Landes in die Kernenergie und kommt zu einem positiven Ergebnis.

Die Regierung Ontarios unterstützt die Modernisierung der Einheiten **5 bis 8 des Kernkraftwerks Pickering** durch Ontario Power Generation (OPG), um die Energieversorgung für weitere 30 Jahre zu sichern und neue Arbeitsplätze zu schaffen.

Laut Électricité de France (EDF) verzögert sich die Inbetriebnahme der EPR-Einheit **Hinkley-Point-C1** auf frühestens 2029. Die Gesamtkosten werden auf neu GBP 31 bis 34 Mrd. (CHF 34 bis 37 Mrd.) geschätzt.

Am 1. März 2024 wird **Barakah-4** in den Vereinigten Arabischen Emirate erstmals kritisch gefahren. Drei weitere APR-1400-Einheiten an diesem Standort in der Nähe von Ruwais in der Region Al Dhafra in Abu Dhabi sind bereits in Betrieb.

Mit der Inbetriebnahme der zweiten AP1000-Einheit am Standort **Vogtle** im amerikanischen Bundesstaat Georgia nahe der Grenze zu South Carolina ist das einzige Neubauprojekt der USA abgeschlossen.

Kakrapar-4 – einheimische Druckschwerwasserreaktoren des Typs IPHWR-700 – gibt am 20. Februar 2024 erstmals Strom an das nationale Netz ab. →



Der indische Premierminister Narendra Modi besucht das Kernkraftwerk Kakrapar. (Foto: NPCIL)

In Südkorea wird der APR-1400-Reaktor der Kernkraftwerkseinheit **Shin-Hanul-2** am 21. Dezember 2023 erstmals mit dem Netz synchronisiert. Der kommerzielle Betrieb soll in der ersten Jahreshälfte 2024 aufgenommen werden.

Am 31. Januar 2024 wird der **Block 2 des Kernkraftwerks Kursk** vom Typ RBMK-1000 endgültig vom Netz genommen.

Die amerikanische Westinghouse Electric Company reicht beim britischen Department of Energy Security and Net Zero (DESNZ) einen formellen Antrag auf Genehmigung zur Teilnahme am Generic Design Assessment (GDA) für seinen kleinen, modularen Reaktor **AP300** ein.



Computergeneriertes Bild des kleinen, modularen Reaktors AP300 von Westinghouse. (Foto: Westinghouse Electric)

Der **chinesische Staatsrat** genehmigt eine weitere Ausbauphase des Taipingling-Kernkraftprojekts in der Provinz Guangdong sowie das Jinqimen-Kernkraftprojekt in der Provinz Zhejiang. An beiden Orten sollen je zwei Hualong-One-Einheiten gebaut werden.

Das britische DESNZ genehmigt den Antrag des amerikanischen Reaktorherstellers GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) um Zulassung des kleinen, modularen Siedewasser-SMR **BWRX-300** zum GDA.

Das amerikanische Unternehmen Westinghouse Electric Company und die britische SMR-Entwicklungsgesellschaft Community Nuclear Power (CNP) unterzeichnen eine Vereinbarung über den Bau von **vier AP300**.

In Kanada schliesst der **Xe-100**, ein gasgekühlter Hochtemperaturreaktor der Generation IV, erfolgreich die Vorlizenzierung ab. Laut der Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) gibt es keine grundlegenden Hindernisse gegen eine Lizenzvergabe.

Der Stromversorger Meralco identifiziert drei mögliche Standorte für den **Micro Modular Reactor** der amerikanischen Reaktorentwicklerin Ultra Safe Nuclear Corporation (USNC) in und um die philippinische Hauptstadt **Manila**.



Der Micro Modular Reactor der amerikanischen Reaktorentwicklerin USNC ist ein gasgekühlter Hochtemperatur-Mikroreaktor der Generation IV. Er wird unterirdisch errichtet. (Foto: USNC)

Der Nuklearsektor Grossbritanniens lanciert eine «erste sektorübergreifende Kooperationsinitiative» – bekannt als **Destination Nuclear** –, die darauf abzielt, die Zahl der Arbeitskräfte zu erhöhen, um die nuklearen Expansionspläne des Landes zu erreichen.

Der Fusionsreaktor **Joint European Torus** (JET) in Grossbritannien stellt in seinem letzten Experiment einen neuen Energierekord auf. Er erzeugt 69 Megajoule Energie aus nur 0,2 Milligramm Deuterium-Tritium-Brennstoff.

Die Technische Universität **Dänemark** gründet ein neues interdisziplinäres Zentrum, das die Forschung im Bereich der Nukleartechnologien konsolidieren und stärken soll.

EDF Energy wird im Zeitraum von 2024 bis 2026 weitere GBP 1,3 Mrd. (CHF 1,4 Mrd.) in die neun britischen Kernkraftwerkseinheiten investieren. Acht davon sind Blöcke des Typs **Advanced Gas Cooled Reactor (AGR)**, für die eine Laufzeitverlängerung geprüft werden soll.

Auf der alle zwei Jahre stattfindenden Fachmesse Marintec China 2023 stellt die China State Shipbuilding Corporation (CSSC) Pläne für ein neues riesiges Containerschiff vor, das mit einem **Flüssigsalzreaktor** angetrieben wird.



Das neue Containerschiff KUN-24AP ist laut der chinesischen Jiangnan-Werft dank einem nuklearen Antrieb nahezu klimaneutral. Das Schiff ist das grösste seiner Art und bietet Platz für maximal 24'000 Container. (Foto: Global Times auf X)

Die **britische Regierung** investiert GBP 300 Mio. (rund CHF 325 Mio.) in ein Programm zur Förderung der heimischen Produktion von High-assay low-enriched uranium (Haleu)-Brennstoff. Die erste Produktionsanlage soll Anfang der 2030er-Jahre in Grossbritannien in Betrieb gehen.

Orano Med beginnt mit dem Bau der europaweit ersten industriellen **Produktionsanlage für die Radioligand-Therapie** auf Basis von Blei-212. Bei dieser neuartigen nuklearmedizinischen Krebsbehandlungsmethode wird das Radioisotop für die zielgerichtete Alpha-Therapie (Targeted Alpha Therapy) mit einem tumorselektiven Trägermolekül kombiniert.



Grundsteinlegung für das neue Alpha Therapy Laboratory im französischen Onnain bei Valenciennes im Beisein von Personen aus der Lokal- und Regionalpolitik und des nationalen Gesundheitswesens sowie von Vertretern Oranos. (Foto: Orano Med)

Das namibische Ministerium für Bergbau und Energie erteilt der australischen Deep Yellow Ltd. die Bergbaukonzession für das **Uranprojekt Tumas**.

Im westafrikanischen Land **Niger** wird die Vergabe neuer Bergbaulizenzen ausgesetzt. Global Atomic, ein kanadisches Unternehmen, das im Niger Uranminen erschliesst, stellt klar, dass sich das Verbot neuer Bergbaulizenzen auf kleine Goldschürfer bezieht. (M.A.)

Ausführliche Berichterstattung zu den hier aufgeführten Nachrichten sowie weitere Meldungen zu aktuellen Themen der nationalen und internationalen Kernenergiebranche und -politik finden Sie unter www.nuklearforum.ch.

Stärkung der Kernenergieerzeugung durch künstliche Intelligenz



Dr. Wolfgang Picot

Beauftragter für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit bei der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO)

Künstliche Intelligenz (KI) verfügt über ein vielversprechendes Potenzial, wenn es darum geht, die Kernenergieerzeugung voranzutreiben. Diese hochentwickelten Computersysteme simulieren die menschliche Logik, um Probleme zu lösen und Entscheidungen zu treffen. Dank ihrer Fähigkeit, Effizienz, Automatisierung, Sicherheit und vorbeugende Wartung zu verbessern und Prozesse zu optimieren, macht die KI in einigen Bereichen der Kernenergie bereits Fortschritte.

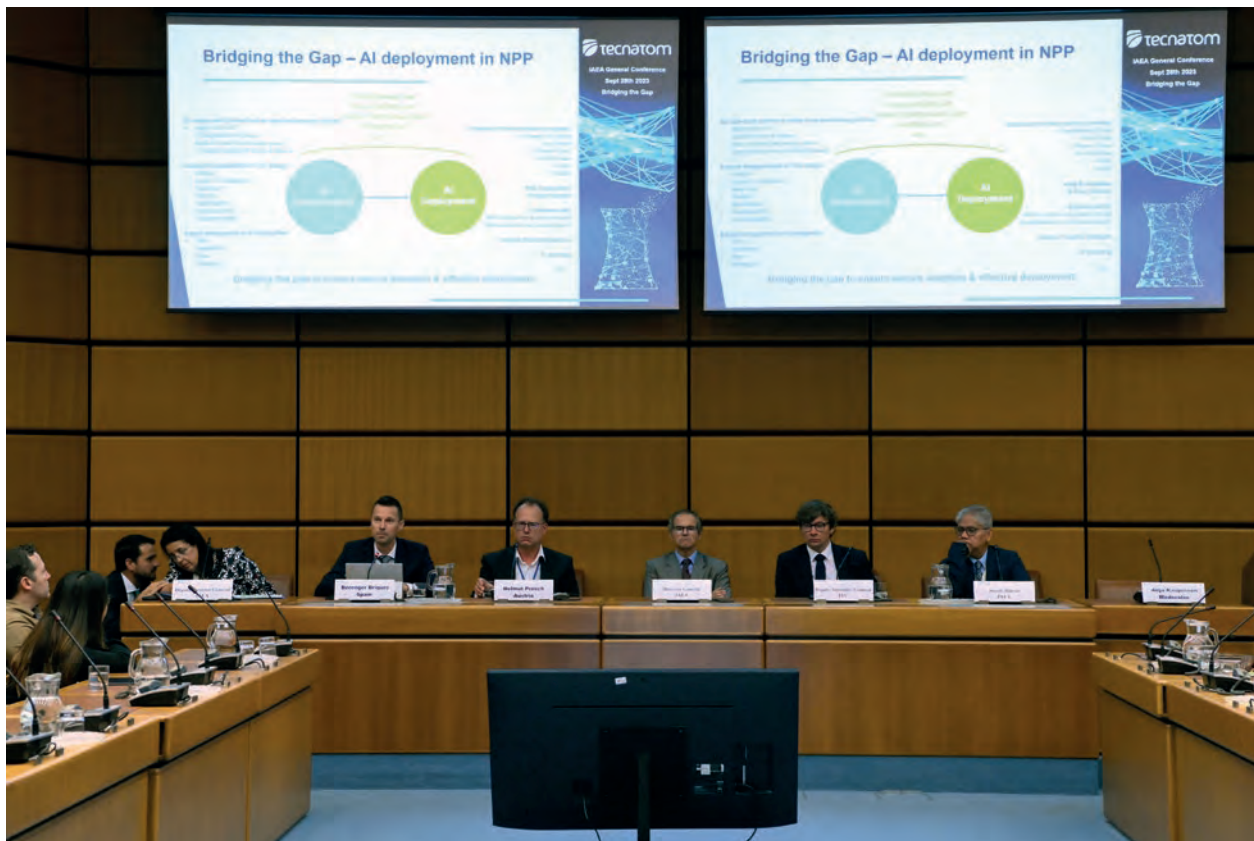
KI ist ein Sammelbegriff, der verschiedene Technologien umfasst, die im Laufe der Jahrzehnte entwickelt wurden. Sie reicht von einfachen Computerprogrammen wie Spamfiltern bis hin zu fortgeschritteneren Konzepten wie dem maschinellen Lernen, bei dem Computer durch umfangreiches Training unter Verwendung grosser Datenmengen aus ihren bisherigen Erfahrungen lernen. Mit der Einführung sehr leistungsfähiger Mikrochips kam das Deep Learning auf, bei dem künstliche neuronale Netzwerke, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden sind, zum Einsatz kommen.

Die generative KI – eine Untergruppe von Deep Learning – hat die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit durch die Erstellung von originellen Texten, Bildern und Videos auf sich gezogen. Sie ist sehr vielseitig und kann an viele verschiedene Funktionen oder Tätigkeiten angepasst werden. «Man darf zu Recht begeistert sein, was generative Werkzeuge leisten können», findet Jeremy Renshaw, der am Electric Power Research Institute (EPRI) die Arbeit in den Bereichen KI, Quantentechnologien und nukleare Innovation leitet. «Die heutigen Modelle sind bereits sehr leistungsfähig und es werden derzeit viele Anstrengungen unternommen, um neue, leistungsfähigere Werkzeuge zu entwickeln.»

Auch wenn generative KI administrative Aufgaben erleichtern kann, wie es in anderen Bereichen der Fall ist, kann sie aufgrund ihrer Neuartigkeit und Undurchsichtigkeit noch nicht für den Betrieb von Kernkraftwerken eingesetzt werden. Es ist nämlich noch nicht vollständig geklärt, wie künstliche Netzwerke funktionieren und zu Schlussfolgerungen kommen. Transparentere Systeme, die als erklärbare generative KI (explainable generative AI) bezeichnet werden, versprechen einen breiteren Einsatz im Kernkraftwerksbetrieb. Die Entwicklung einer solchen KI ist im Gange, und Renshaw ist zuversichtlich, dass sie, wenn sie realisiert wird, in absehbarer Zeit den Einsatz von KI in Kernkraftwerken ermöglichen wird.

Anwendungen des maschinellen Lernens

Maschinelles Lernen wird in der Nuklearindustrie schon seit einiger Zeit eingesetzt und hat sich in verschiedenen Bereichen als nützlich erwiesen. Die Betreiber nutzen Algorithmen des maschinellen Lernens für die Echtzeitüberwachung und die vorbeugende Instandhaltung. Die Software durchforstet die zahlreichen von den Sensoren gelieferten Daten, sodass sich menschliche Analysten auf mögliche Unregelmässigkeiten in einem Bruchteil der Gesamtdaten konzentrieren können. «Der Kontrol-



Künstliche Intelligenz war ebenfalls Thema an einer Nebenveranstaltung auf der 67. Generalkonferenz der IAEA. (Foto: IAEA / Dean Calma)

leur muss nur die relevanten Daten auswerten. Statt nach der Nadel im Heuhaufen zu suchen, eliminieren wir den Heuhaufen», erklärt Renshaw.

Diese Technologie kann die menschliche Analyse nicht ersetzen. Sie kann jedoch schnellere und zuverlässigere Ergebnisse liefern, während sie sich auf weniger menschliche Interaktion stützt, obwohl diese nach wie vor unerlässlich ist. Maschinelles Lernen wird bereits eingesetzt, um Risse in Metallbehältern und Leitungen in Kernkraftwerken zu erkennen. Es kann die Genauigkeit erhöhen, die Kosten senken und die menschliche Überwachung optimieren, was im Bereich der Kernkraft erhebliche Vorteile bringen könnte.

Es gibt viele mögliche Anwendungen von KI in Kernkraftwerken. Sie könnte beispielsweise die Effizienz steigern und eine gleichmässige Stromversorgung gewährleisten, indem die Stromerzeugung auf der Grundlage von in

Echtzeit gesammelten Daten wie Verbrauchernachfrage, Wetterbedingungen und Anlagenleistung angepasst wird. Die Automatisierung mithilfe von Robotik und KI-Systemen würde es ermöglichen, Routineaufgaben zu bewältigen, den menschlichen Eingriff auf wertschöpfende Aufgaben zu konzentrieren und die Effizienz des Kraftwerks zu steigern. Ausserdem würde sie den Brennstoffverbrauch optimieren und die Energieproduktion der Reaktoren maximieren.

«In Verbindung mit anderen Technologien wie digitalen Zwillingen könnte die KI die Effizienz der nuklearen Energieerzeugung erheblich steigern», sagt Nelly Ngoy Kubelwa, Nuklearingenieurin mit Schwerpunkt auf innovativen Technologien bei der IAEA. Ein digitaler Zwilling ist eine digitale Darstellung eines physischen Objekts, einer Person oder eines Verfahrens, die in der Lage ist, reale Situationen und deren Ergebnisse zu simulieren. →

Laut Ngoy Kubelwa besteht in der Branche ein grosses Interesse an KI-Lösungen. Bevor jedoch eine neue Technologie in Kernkraftwerken eingesetzt werden kann, müssen die Aufsichtsbehörden die Funktionsweise der Technologie kennen und vollständig verstehen, damit sie in der Lage sind, Richtlinien zu entwickeln und Genehmigungen für ihren Einsatz zu erteilen.

«Es wird viel darüber diskutiert, ob KI und insbesondere generative KI etwas grundlegend Neues ist, das bedingt, dass wir unseren Ansatz zur Regulierung ihrer Nutzung komplett ändern, oder ob wir die derzeitigen Standards anpassen können», sagt Ngoy Kubelwa. «Um den Einsatz dieser Technologie auszuweiten, müssen wir in Zusammenarbeit mit den Regulierungsbehörden Rahmenbedingungen festlegen.»

Die IAEA unterstützt seit 2021 die potenzielle Anwendung von KI in Kernkraftwerken. Sie erstellte einen Bericht zur KI und richtete anschliessend unter der Schirmherrschaft des International Network for Innovation to Support Operating Nuclear Power Plants (ISOP) Arbeitsgruppen ein, die sich auf die regulatorischen und technischen Aspekte des Einsatzes von KI konzentrierten. Die anstehenden Veröffentlichungen über die Anwendungen der KI im Nuklearsektor und ihre Auswirkungen auf die Sicherheit in Kernkraftwerken unterstreichen dieses Engagement in diesem Bereich. Die IAEA leitet auch ein koordiniertes Forschungsprojekt, um zu untersuchen, wie KI und innovative Technologien dazu beitragen können,

Dr. Wolfgang Picot ist derzeit Beauftragter für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit bei der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und bringt Erfahrungen aus früheren Tätigkeiten bei IAEA, beim amerikanischen Aussenministerium und bei der Ars Electronica Linz GmbH mit. Picot promovierte in Politikwissenschaft an der Universität Wien.

den Einsatz kleiner, modularer Reaktoren zu beschleunigen, und sie erwägt das Einrichten von IAEA-Kollaborationszentren mit Schwerpunkt auf KI.

Für Ngoy Kubelwa ist dies nicht nur ein technisches Thema. «Der Einsatz von KI und anderen aufstrebenden Technologien wird ein Zeichen dafür sein, dass der Nuklearsektor mit den neuesten Entwicklungen Schritt hält», sagt sie. «Es ist entscheidend, dass wir uns proaktiv auf diesem Gebiet engagieren, um das Interesse der jüngeren Generation zu wecken, was für die Sicherung der Zukunft der nuklearen Energieerzeugung entscheidend ist.»

Dieser Beitrag wurde im Bulletin der Internationalen Atomenergie-Organisation vom September 2023, Vol. 64-3, unter dem Titel «Enhancing nuclear power production with artificial intelligence» veröffentlicht und vom Nuklearforum Schweiz ins Deutsche übersetzt.

«Glühendes Leuchten in Wädenswil dank Kernenergie»

Als umstrittenes Thema ist die Kernenergie auch ein beliebtes Fasnacht-Sujet. Aus eigener Erfahrung kennen wir Kühlturm-Kostüme, apokalyptische «Laddärne» auf dem Basler Münsterplatz und natürlich spitzzüngige Schnitzelbänke auf unterschiedlichem Niveau. Die Guggen und Cliques zeigen sich dabei mehr oder weniger kreativ und ausserhalb der Standortregionen meistens eher AKW-kritisch. Beim vorliegenden Fundstück können wir sicher nicht mangelnde Kreativität unterstellen und sind uns nicht ganz sicher, ob es das Werk von eingefleischten Gegnern ist.

Die Rede ist von www.akwaedi.ch, «der Website der KERN-Energiestadt Wädenswil». Dort heisst es: «Wir sind eine unbewaffnete Bürgerbewegung, welche die Energieversorgung für Wädenswil sicherstellen will. Dies soll durch die natürliche, erdeigene Kernkraft erreicht werden. Zusätzlich positiv ist, dass Kernkraftwerke imposante, malerische Gebäude sind, welche unsere Energiestadt Wädenswil wieder zum Leuchten bringen können.» Nach der Aufforderung, Politikerinnen und Politiker auf das Anliegen anzusprechen, folgt der Aufruf, «neben der Fasnachtsplakette auch einen Brennstab um den Hals» zu tragen. Spätestens dank der Hervorhebung des Worts «Fasnachtsplakette» wird klar, dass der Inhalt der Website närrischer Natur ist.

Dennoch wird der Eindruck der Authentizität weiter gesteigert durch Statements von angeblichen Befürwortern. «KKWs sind guet für d Natur. Uran chunt usem Bode und isch drum 100% bio» ist dabei unser Liebling. Damit nicht genug, haben die Verfasserinnen oder Verfasser (die Urheberschaft bleibt unklar) sich die Mühe gemacht, sieben «ideale Standorte für die schönen KKW-Bauten» zu porträtieren. Sie geben auch den Verwendungszweck des produzierten Stroms an, wie zum Beispiel «Hauptenergiequelle für das Beachvolleyfeld und Mc Donalds – für heisse Spiele und noch heissere Burger» und «Endlagerung – Unter der Wädi Wösch wo selbst das schmutzigste Auto energiegeladen heraus-

kommt». Die Angaben zur Produktion (zwischen zwei und fünf «GWh/Tag») kommen in unüblichem Format daher. Sie liegen aber in einem einigermaßen realistischen Rahmen für kleinere Reaktoren, wie sie wohl in diesem urbanen Umfeld zum Einsatz kommen würden. Die Daten für Baubeginn (11.11.2024) und Inbetriebnahme («Pünktlich zur Fasnacht 2025») beseitigen die letzten Zweifel am Fasnachts-Humor. Wie urban die hypothetischen Standorte sind, belegen jeweils mehrere Fotomontagen von Kühltürmen und Reaktorgebäuden inmitten der Stadt Wädenswil.

Den Bildern und dem restlichen Inhalt der Website merkt man an, dass da jemand nicht unwesentlichen Aufwand betrieben hat. Wenn auch die Idee vom KKW als «Opfer» des Narrenhumors mässig einfallsreich ist, gibt's von uns Sympathiepunkte und gute Noten für Recherche und Detailtreue sowie die Kreativität in der Ausführung. Dass wir als unverbesserliche Atom-Fans uns den Gag durchaus in der Realität vorstellen können, ist eine andere Geschichte. (M.Re. nach www.akwaedi.ch, aufgerufen am 8. Februar 2024)



Ochsenschür in Wädenswil: einer von sieben möglichen Standorten für «schöne KKW-Bauten» in der KERN-Energiestadt. (Foto: akwaedi.ch)

«Kernwissen» ist online

Ein neuer Bereich auf der Website des Nuklearforum Schweiz enthält Grundlageninformationen zur Kernenergie.



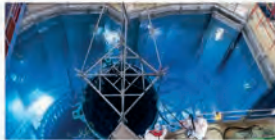



Der Bereich «Kernwissen» auf der Website des Nuklearforums Schweiz ist eine umfassende Informationsquelle, mit grundlegenden und leicht verständlichen Informationen rund um Kernenergie. Er richtet sich an Interessierte und Laien und beleuchtet das Thema Kernenergie in seiner Gesamtheit. Damit wird auf der Website des Nuklearforums eine inhaltliche Lücke geschlossen.

«Kernwissen» ist in sechs Kapitel unterteilt: Strom aus Kernenergie, Uran und Radioaktivität, Sicherheit, Umwelt und Klima, Entsorgung von radioaktiven Abfällen sowie Kernenergie im Schweizer Stromsystem. Jedes Kapitel ist in zwei bis drei Unterkapiteln unterteilt.

Sie finden den neuen Bereich, indem Sie unter www.nuklearforum.ch oben rechts auf «Kernwissen» klicken oder direkt unter www.kernwissen.ch.

Kernwissen

Entdecken Sie unser «Kernwissen», das die Grundlagen der Atomkraft verständlich erklärt. Ob Laie oder Interessierter – hier finden Sie eine klare und zugängliche Einführung in die Welt der Kernenergie. Tauchen Sie ein und gewinnen Sie ein fundiertes Verständnis für die grundlegenden Prinzipien, die hinter dieser Energiequelle stehen.

 <p>Strom aus Kernenergie</p> <p>Ein Kern- oder Atomkraftwerk produziert Strom aus Wärme. Es ist ein thermisches Kraftwerk wie auch Kohle- oder Gastkraftwerke. Im AKW stammt die Wärme aber nicht von der Verbrennung fossiler Stoffe, sondern aus der Spaltung von Atomkernen.</p>	 <p>Uran und Radioaktivität</p> <p>Entdecken Sie die beeindruckende Welt des Urans und der Radioaktivität. Diese natürlichen Ressourcen bieten uns nicht nur saubere und effiziente Energie, sondern auch neue Möglichkeiten für medizinische Anwendungen und wissenschaftliche Durchbrüche.</p>	 <p>Sicherheit</p> <p>In Kernkraftwerken steht die Sicherheit über der Wirtschaftlichkeit. So will es das Gesetz und so wollen es auch die Betreiber. Würden die Anlagen nämlich nicht höchsten Sicherheitsstandards entsprechen, müssten sie den Betrieb einstellen.</p>
 <p>Umwelt und Klima</p> <p>In einer Welt, die sich rasant wandelt und vor den Herausforderungen des Klimawandels steht, gewinnt die Diskussion um nachhaltige Energiequellen zunehmend an Bedeutung. Von 1950 bis 2022 hat sich die Weltbevölkerung vervielfacht, während der Primärenergiebedarf mehr als verdreifacht wurde.</p>	 <p>Entsorgung von radioaktiven Abfällen</p> <p>Die Schweiz hat radioaktive Abfälle aus Kernkraftwerken sowie aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF). Auch beim Rückbau der Kernkraftwerke fallen radioaktive Abfälle an. Dieser Atommüll wird zuerst zwischengelagert und dann in einem geologischen Tiefenlager langfristig sicher entsorgt – tief unter dem Erdboden.</p>	 <p>Kernenergie im Schweizer Stromsystem</p> <p>Die Energieversorgung in der Schweiz ist von einem vielseitigen Strommix geprägt. Wasserkraft und Kernenergie dominieren, wobei letztere nicht nur durch ihre hohe Energieproduktivität, kontinuierliche Stromerzeugung und lange Lebensdauer, sondern auch mit den derzeit niedrigsten Gesteungskosten aller Stromtechnologien überzeugt.</p>

So präsentiert sich der neue Bereich «Kernwissen» auf der Website des Nuklearforums. (Foto: Nuklearforum Schweiz)

Verbindungen zwischen Frankreich und der Schweiz gehen über Stromleitungen hinaus

An einer Veranstaltung der französischen Botschaft und des Nuklearforums Schweiz am 7. März 2024 in Bern haben Botschafterin Marion Paradas, Laurent Kueny, Direktor für Energie in der Generaldirektion für Energie und Klima, und Marie-Agnès Berche von Électricité de France (EDF) vor rund 90 Gästen aus Wirtschaft und Politik über die französisch-schweizerischen Beziehungen im Bereich der Kernenergie und über die Bedeutung der Technologie in den beiden Ländern referiert.

Laut Marion Paradas, der Botschafterin Frankreichs in der Schweiz, trägt die Kernenergie in Frankreich und der Schweiz zu grossen Teilen zur Sicherung der Energieversorgung bei. Sie sei sogar eine Verbindung, die physisch zwischen den beiden Ländern besteht, durch den Austausch über das Stromnetz. «Sie muss daher weiterhin eine Priorität der französisch-schweizerischen Zusammenarbeit bleiben», sagte Paradas. Weiter bezeichnete sie den in der Schweiz erzeugten Atomstrom als «lebenswichtige Garantie für die Eidgenossenschaft in einem Kontext voller Herausforderungen»: die Sicherung der Energiesouveränität, während der Krieg in der Ukraine an die Anfälligkeit der Versorgung mit fossilen Energieträgern erinnert; die Notwendigkeit eines CO₂-freien Energiemix, um bis 2050 CO₂-Neutralität zu erreichen; die Deckung des Strombedarfs der Schweiz zu gewährleisten, während das Land wirtschaftlich und demografisch weiter wächst.

Glücksfall Kernenergie

Frankreich schätze sich glücklich, über Kernenergie zu verfügen, zitierte Paradas die Worte des französischen Staatspräsidenten, Emmanuel Macron, bei einem Staatsbesuch in der Schweiz. Nach einem schwierigen Jahr 2022 gewinne der Kernkraftwerkspark Frankreichs nun wieder an Leistung, wovon die Nachbarländer ebenfalls profitieren würden. Dank der 56 Reaktoren auf französischem Boden sei Frankreich im Jahr 2023 wieder der grösste Nettoexporteur von Strom in Europa geworden. Die Wartung der Kernkraftwerke werde fortgesetzt und die Sicherheit weiter erhöht.

Dank der elf grenzüberschreitenden Stromverbundleitungen diene der in Frankreich ohne Treibhausgasemissionen und konstant erzeugte Strom auch der Schweiz. Frankreich exportiere das Fünffache des jährlichen Gesamtstromverbrauchs des Kantons Genf in die Schweiz

und leiste somit einen Beitrag zur Versorgungssicherheit der Schweiz. «Die Kernenergie steht also im Zentrum unserer Beziehungen» so Paradas. «Frankreich möchte daher seine Bewegung zur Wiederbelebung der zivilen Kernenergie durch institutionelle, wissenschaftliche, akademische und industrielle Kooperationen über ein breites Spektrum an Aktivitäten teilen. Angesichts der Herausforderungen in den Bereichen Klima, Wirtschaft und Souveränität haben Frankreich und die Schweiz eine Chance, nämlich die Kernenergie, und immense Perspektiven für die bilaterale Zusammenarbeit.»

Beitrag zum Abschluss eines Stromabkommens mit der EU

Hans-Ulrich Bigler, Präsident des Nuklearforums, verwies auf die seit 1970 bestehende Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und Frankreich im Bereich der Kernenergie. In dieser Zeit wurden die Kernkraftwerke Fessenheim, Cattenom und Bugey mit finanzieller Beteiligung der Schweiz gebaut. «Diese französisch-schweizerische Zusammenarbeit trug und trägt massgeblich zu einer sicheren und klimafreundlichen Energieversorgung in Europa bei», sagte Bigler. Die Schweiz und Frankreich hätten jedoch im Bereich der Kernenergie sehr unterschiedliche Wege eingeschlagen. Während Präsident Emmanuel Macron einen massiven Ausbau der Kernenergie und damit eine echte nukleare Renaissance verkündet hat, soll die Schweiz diese Art der Stromerzeugung aufgeben. In der Schweiz steht derzeit laut Bigler nicht der Bau neuer Kernkraftwerke im Vordergrund, sondern der langfristige Betrieb der bestehenden Anlagen. Dies solle aber keinesfalls ein Hindernis für einen möglichen Ausbau der französisch-schweizerischen Zusammenarbeit darstellen. Möglichkeiten für vertiefte Zusammenarbeit sieht Bigler etwa im Bereich der Lieferketten, der langfristigen Verträge oder der Ausbildung im Bereich der Nukleartechnik. →

Die Schweiz nimmt aktuell nicht am europäischen Binnenmarkt teil. Ein Stromabkommen mit der Europäischen Union würde helfen, die Stromversorgung zu sichern. «Ich bin zutiefst davon überzeugt, dass die Entwicklung der französisch-schweizerischen Zusammenarbeit zum Abschluss eines Stromabkommens mit der Europäischen Union beitragen wird», so Bigler abschliessend.

«Beispiellose Wiederbelebung der Kernenergie»

Hauptredner des Anlasses war Laurent Kueny, Direktor für Energie in der Generaldirektion für Energie und Klima. Sein Referat lief unter dem Titel «Antwort auf die dreifache Herausforderung der Souveränität, der Wettbewerbsfähigkeit und der Beschleunigung des Kampfes gegen den Klimawandel». Da sich Frankreich vor mehreren Jahrzehnten für die Unabhängigkeit im Stromsektor und für die Kernenergie entschieden hat, habe es heute einen Vorsprung bei der Dekarbonisierung und der Wettbewerbsfähigkeit seines Stroms, führte Kueny aus. Elektrizität mache heute etwas mehr als ein Viertel des End-

energieverbrauchs in Frankreich aus. Sie sei dank der Erzeugung aus Kernkraft (ca. 65% im Jahr 2022) und erneuerbaren Energieträgern (ca. 25% im Jahr 2022) überwiegend dekarbonisiert. Wie in den meisten grossen Industrieländern werde der Energiemix in Frankreich jedoch noch immer von fossilen Energieträgern dominiert: 37% des Endenergieverbrauchs entfallen auf Erdöl und 21% auf Erdgas. Um bis 2050 CO₂-neutral zu werden und von fossilen Brennstoffen wegzukommen, unternehme Frankreich folgende Schritte:

- Senkung des Energieverbrauchs um 40–50% mit Massnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz,
- beschleunigte Entwicklung aller erneuerbarer Energien: Biomethan, flüssige Biobrennstoffe, Biomasse, Geothermie, erneuerbare Elektrizität etc.
- massive Elektrifizierung und Ausbau der Kapazitäten für die kohlenstofffreie Stromerzeugung, da der Strombedarf bis 2050 um 55% steigen soll.

«Diese Ziele veranlassen Frankreich zu einer beispiellosen Wiederbelebung der Kernenergie, die durch die Ver-



In Bern referierten Vertreterinnen und Vertreter Frankreichs über die Bedeutung der Kernenergie und tauschten sich mit Gästen aus Wirtschaft und Politik aus (v.l.n.r.): Laurent Kueny, Direktor für Energie in der Generaldirektion für Energie und Klima, Marion Paradas, Botschafterin Frankreichs in der Schweiz, Marie-Agnès Berche, zuständig für die Entwicklung neuer Kernenergie auf internationaler Ebene bei EDF, und Hans-Ulrich Bigler, Präsident des Nuklearforums Schweiz. (Foto: Nuklearforum Schweiz)



Rund 90 Teilnehmer aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik waren bei der Konferenz in Bern zu Gast, darunter auch FDP-Nationalrat Christian Wasserfallen. (Foto: Nuklearforum Schweiz)

längerung des bestehenden Reaktorparks und den Start eines neuen Programms für Kernreaktoren erreicht werden soll», so Kueny.

Die Rolle der EDF in Frankreich und weltweit

Zum Abschluss der Veranstaltung stellte Marie-Agnès Berche, Direktorin für Geschäftsentwicklung in der Direktion für Entwicklung der EDF die französischen KKW-Neubauprojekte vor. Sechs EPR2-Reaktoren sollen im nächsten Jahrzehnt in Betrieb genommen werden und Studien zur Realisierung von zusätzlich 13 GW an Kernenergie, was acht EPR2 entspricht, eingeleitet werden. Darüber hinaus ist die EDF an zahlreichen mehr oder weniger fortgeschrittenen Projekten in verschiedenen Staaten beteiligt. Die zwei im Bau befindlichen EPR im britischen Hinkley Point stellen derzeit laut Berche die

grösste Baustelle der Welt dar. Neben der 1600-MW-Auslegung bietet EDF auch den kleineren EPR1200 an sowie den Small Modular Reactor (SMR) Nuward mit einer Leistung von 340 MW.

Das erneute weltweite Interesse an der Kernenergie bietet den europäischen Ländern und ihrer Nuklearindustrie eine grosse Chance. In den nächsten zehn Jahren sieht Berche einen greifbaren Markt für grosse Reaktoren und ein wachsendes Interesse an SMR. EDF möchte zum Erfolg eines europäischen Nuklearprogramms beitragen, indem es eine Strategie rund um europäische Technologien und Industrien entwickelt. Das Unternehmen verfügt über bedeutende Vorteile, insbesondere als souveräner europäischer Betreiber und als einziger, der in Europa Reaktoren der dritten Generation baut, so Berche. (M.R.)

Generalversammlung des Nuklearforums Schweiz

Mittwoch, 22. Mai 2024 im Circle Convention Centre am Flughafen Zürich mit Gastredner Rafael Mariano Grossi, Direktor der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO)



Foto: IAEO / Dean Calma

Weiterbildungskurs des Nuklearforums Schweiz

Donnerstag, 28. November 2024 im Trafo Baden «Aktuelle Entwicklungen in der internationalen Nuklearindustrie – Chancen und Risiken für die Schweizer Nuklearanlagen»



Foto: Nuklearforum Schweiz

Neue Folge des Podcasts «NucTalk»

In der 31. Folge unseres NucTalk-Podcasts sprechen wir mit drei Vorstandsmitgliedern der deutschsprachigen WePlanet-Sektion. Sie finden die Folge auf www.nuklearforum.ch/de/podcasts

Nuklearforum auf Facebook

Interessante Beiträge aus der Welt der Kernenergie, Fakten und Wissen, aber auch überraschende Inhalte veröffentlichen wir auch auf Facebook. Werden Sie Fan oder abonnieren Sie unseren Informationskanal. Das Nuklearforum freut sich auf einen spannenden Dialog.

www.facebook.com/NuklearforumSchweiz

SGK-Apéro-Daten 2024

Der SGK-Apéro der «Wissen»-schaft(f)t! findet jeweils am Donnerstag der folgenden Daten statt: 4. Juli, 5. September und 14. November.

www.kernfachleute.ch



Foto: SGK / Max Brugger

16. Grundlagenseminar der SGK

Die Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute (SGK) führt ihr Grundlagenseminar zur Kernenergie in Magglingen vom 30. September bis 3. Oktober 2024 durch. Zu den behandelten Themenblöcken Physik, Politik und Umwelt, Geschichte, Energie, Brennstoff, Sicherheit, Strahlung und Unfälle gehört auch eine Führung durch das Kernkraftwerk Gösgen.

www.kernfachleute.ch



Foto: SGK

Impressum

Redaktion:

Marie-France Aepli (M.A., Chefredaktorin); Lukas Aebi (L.A.);
Stefan Diepenbrock (S.D.); Aileen von den Driesch (A.D.);
Dr. Benedikt Galliker (B.G.); Matthias Rey (M.Re.)

Herausgeber:

Hans-Ulrich Bigler, Präsident
Lukas Aebi, Geschäftsführer

Nuklearforum Schweiz
Frohburgstrasse 20
4600 Olten

+41 31 560 36 50
info@nuklearforum.ch
www.nuklearforum.ch
www.ebulletin.ch

Das «Bulletin Nuklearforum Schweiz» ist offizielles Vereinsorgan
des Nuklearforums Schweiz und der Schweizerischen Gesellschaft
der Kernfachleute (SGK). Es erscheint vier Mal jährlich.

Copyright 2024 by Nuklearforum Schweiz ISSN 1661-1470 – Schlüsseltitlel
Bulletin (Nuklearforum Schweiz) – abgekürzter Schlüsseltitlel
(nach ISO Norm 4): Bulletin (Nuklearforum Schweiz).

Der Abdruck der Artikel ist bei Angabe der Quelle frei.
Belegexemplare sind erbeten.

